



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

VYUŽITÍ 3D TISKU V TZB

USING 3D PRINTING IN HVAC

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Ondřej Malovaný

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. PAVEL UHER, Ph.D.

BRNO 2019



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	N3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3608T001 Pozemní stavby
Pracoviště	Ústav technických zařízení budov

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student	Bc. Ondřej Malovaný
Název	Využití 3D tisku v TZB
Vedoucí práce	Ing. Pavel Uher, Ph.D.
Datum zadání	31. 3. 2018
Datum odevzdání	11. 1. 2019

V Brně dne 31. 3. 2018

prof. Ing. Jiří Hirš, CSc.
Vedoucí ústavu

prof. Ing. Miroslav Bajer, CSc.
Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

1. Stavební dokumentace zadané budovy
2. Aktuální legislativa ČR
3. České i zahraniční technické normy
4. Odborná literatura
5. Zdroje na internetu

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

A. Popis stávajícího stavu, analýza tématu a podkladů stavby, stanovení konkrétních cílů a metod řešení

B. Ověření možnosti využití 3D tisku pro TZB.

C. Minimálně 1 varianta v rozpracovanosti rozšířeného projektu pro stavební povolení: půdorysy v měřítku 1:50, stručná technická zpráva

Práce bude zpracována v souladu s platnými předpisy (zákony a vyhláškami, normami) pro navrhování zařízení techniky staveb.

STRUKTURA DIPLOMOVÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).

2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).

Ing. Pavel Uher, Ph.D.
Vedoucí diplomové práce

ABSTRAKT

V experimentální části této diplomové práce je zde zhodnocení tlakové únosnosti válcových nátrubků tištěných pomocí 3D tiskárny. V teoretické části této diplomové práce jsou zde nastíněny typy aditivních technologií se zaměřením na vývoj FDM tiskáren, otevřených designů a RepRap projektu. Popis výrobního procesu 3D tisku a uplatnění aditivních technologií v oboru TZB. V projektové části je řešen návrh nuceného větrání Sportovní haly. Objekt je posouzen z hlediska tepelných ztrát a zisků pro prioritní místnosti funkčních celků. Pokrytí tepelné zátěže je provedeno vzduchotechnickým zařízením. Dále je vypracován projekt, který obsahuje veškerou textovou a výkresovou dokumentaci včetně technických specifikací a regulačních (funkčních) schémat.

KLÍČOVÁ SLOVA

Odolnost vůči tlaku, Aditivní technologie, Rapid Prototyping, FDM tisk, RepRap, 3D tisk v TZB, Sportovní hala

ABSTRACT

In the experimental part of this thesis there is an assessment of pressure bearing capacity of cylindrical nozzles printed using a 3D printer. In the theoretical part of this diploma thesis there are outlined the types of additive technologies focusing on the development of FDM printers, open designs and RepRap project. Description of the production process of 3D printing and application of additive technologies in the field of HVAC. In the project part, the design of the forced ventilation of the Sports Hall is solved. The object is assessed in terms of heat losses and profits for priority rooms of functional units. Heat load coverage is carried out by air-conditioning equipment. In addition, a project is drawn up which contains all the text and drawings, including technical specifications and regulatory schemes.

KEYWORDS

Pressure Resistance, Additive Technology, Rapid Prototyping, FDM Print, RepRap, 3D Print in HVAC, Sports Hall

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Bc. Ondřej Malovaný *Využití 3D tisku v TZB*. Brno, 2018. 129 s., 45 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav technických zařízení budov. Vedoucí práce Ing. Pavel Uher, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané diplomové práce s názvem *Využití 3D tisku v TZB* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 11. 1. 2019

Bc. Ondřej Malovaný
autor práce

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem *Využití 3D tisku v TZB* zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 11. 1. 2019

Bc. Ondřej Malovaný
autor práce

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji vedoucímu mé diplomové práce panu Ing. Pavlu Uhrovi, Ph.D. za odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé práce. Dále chci poděkovat mé rodině a mé přítelkyni za podporu ve studiu. V neposlední řadě chci poděkovat kolegům Bc. Karlu Běťákovi a Bc. Jakubu Oravci za čas věnovaný konzultacím technických problémů.

OBSAH

A. TEORETICKÁ ČÁST	19
1. ADITIVNÍ TECHNOLOGIE A RAPID PROTOTYPING	21
1.1 ADITIVNÍ TECHNOLOGIE.....	21
1.1.1 MOŽNOSTI VZUŽITÍ ADITIVNÍCH TECHNOLOGIÍ V PRAXI	22
1.2 RAPID PROTOTYPING.....	23
1.2.1 TYPY PROTOTIPŮ.....	23
1.2.2 METODY RAPID PROTOTYPING	24
1.2.3 SOUHRN ZÁKLADNÍCH VLASTNOSTÍ JEDNOTLIVÝCH METOD RP	25
1.3 LEGISLATIVA ADITIVNÍCH TECHNOLOGIÍ	26
2. FDM.....	27
2.1 POPIS TECHNOLOGIE	27
2.2 JAK FUNGUJE PROCES VÝROBY FDM:	27
2.3 DEFORMACE MATERIÁLU PŘI TISKU	28
2.4 PODPŮRNÉ STRUKTURY A VÝPLNĚ MATERIÁLŮ.....	29
2.5 VÝHODY A NEVÝHODY FDM TISKU.....	29
2.6 DĚLENÍ FDM TISKÁREN PODLE SYSTÉMU POUŽÍVÁNÍ.....	30
2.7 MATERIÁLY PRO FDM TISK	30
2.8 TYPY KONSTRUKCÍ	31
2.8.1 KARTÉZSKÝ SOUŘADNÝ SYSTÉM	31
2.8.2 DELTA SYSTÉM	31
2.8.3 POLÁRNÍ SYSTÉM.....	32
2.8.4 SCARA SYSTÉM.....	32
3. REP RAP.....	33
3.1 HISTORIE PROJEKTU REPRAP	33
3.2 VÝVOJ TISKÁREN REPRAP	34
3.2.1 REPRAP 1.0 DARVIN	34
3.2.2 REPRAP 2.0 MENDEL	35
3.2.3 REPRAP TISKÁRNA PRUSA I2 (NEBO MENDEL – PRUSA)	36
3.2.4 REPRAP TISKÁRNA HUXLEY	36
3.2.5 REPRAP TISKÁRNA PRUSA I3.....	37
3.2.6 REPRAP TISKÁRNA ROSTOCK.....	38

3.3	ORIGINAL PRUSA.....	39
3.3.1	TISKÁRNA ORIGINAL PRUSA I3 MK2S.....	40
4.	PROCES 3D TISKU	41
4.1	PREPROCESING (PŘÍPRAVNÉ PROCESY)	41
4.1.1	ORIENTACE DÍLU	42
4.1.2	GENEROVÁNÍ A EDITACE PODPORY.....	42
4.1.3	ŘEZÁNÍ (TLOUŠŤKA VRSTVY)	42
4.2	PROCESING (BUDOVÁNÍ).....	43
4.3	POSTPROCESING (DOKONČOVÁNÍ PROCESU)	43
5.	VYUŽITÍ 3D TISKU V TZB.....	44
5.1	KLIMATIZACE VYROBENÁ TECHNOLOGIÍ 3D TISKU	44
5.2	VÝVOJ VÝMĚNÍKŮ TEPLA.....	45
5.3	COOL BRICKS (CHLADÍCÍ STĚNA)	47
5.4	PRŮMYSLOVÉ VÝHODY.....	48
	VYLEPŠENÍ PRODUKTŮ:.....	48
	VÍCE MOŽNOSTÍ PRODUKTU:	48
	RYCHLÝ PROTOTYPOVÝ OBRAT:.....	48
	PŘILÁKAT NOVÉ TALENTY:	48
5.5	ZHODNOCENÍ VYUŽITÍ V TZB.....	48
B.	EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST	49
1.	POPIS, PLÁN A CÍLE EXPERIMENTU	51
1.1	POPIS EXPERIMENTU	51
1.2	PLÁN EXPERIMENTU	51
1.3	CÍLE EXPERIMENTU	51
2.	PŘÍPRAVA EXPERIMENTU	52
2.1	MODELOVÁNÍ A TISK ZKUŠEBNÍHO VZORKU	52
2.1.1	PREPROCESING	52
2.1.2	PROCESING	55
2.1.3	POSTPROCESING.....	56
2.2	POUŽITÉ MĚŘÍCÍ PROSTŘEDKY	57
2.2.1	KOMPRESOR GÜDE 50089 AIRPOWER 190/8/6.....	57
	POPIS PRODUKTU	57

2.2.2	JEDNOPÍSTOVÁ NOŽNÍ PUMPA S DIGITÁLNÍM MANOMETREM MICHELIN 92420.....	57
2.3	POUŽITÉ MATERIÁLY.....	58
3.	PRŮBĚH A VYHODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH EXPERIMENTŮ	59
3.1	VARIANTA Č.1	59
3.1.1	VÝSLEDKY VARIANTY Č.1	59
3.2	VARIANTA Č.2	61
3.2.1	VÝSLEDKY VARIANTY Č.2	61
3.3	VARIANTA Č.3	63
3.3.1	VÝSLEDKY VARIANTY Č.3	63
3.4	VARIANTA Č.4	65
3.4.1	VÝSLEDKY VARIANTY Č.4	65
4.	CELKOVÉ VYHODNOCENÍ EXPERIMENTU.....	67
C.	PROJEKTOVÁ ČÁST	69
1.	ANALÝZA OBJEKTU	71
1.1	POPIS OBJEKTU	71
1.2	KONSTRUKČNÍ SYSTÉM	71
1.3	ROZDĚLENÍ NA FUNKČNÍ CELKY.....	72
2.	TEPELNÉ BILANCE.....	74
2.1	NÁVRHOVÉ PARAMETRY.....	74
2.2	TEPELNÁ ZTRÁTA OBJEKTU	75
2.2.1	SOUČINITELE PROSTUPU TEPLA KONSTRUKCÍ	75
2.2.2	TEPELNÁ ZTRÁTA.....	75
2.3	TEPELNÁ ZÁTĚŽ.....	76
3.	PRŮTOKY VZDUCHU.....	77
4.	DISTRIBUCE VZDUCHU	79
5.	DIMENZOVÁNÍ POTRUBÍ A TLAKOVÁ ZTRÁTA.....	81
6.	VZDUCHOTECHNICKÉ JEDNOTKY.....	82
6.1	ZAŘÍZENÍ Č. 1	82
6.2	ZAŘÍZENÍ Č. 2	85

6.3	ZAŘÍZENÍ č. 3	86
6.4	ZAŘÍZENÍ č. 4	87
6.5	ZAŘÍZENÍ č.5	90
7.	ÚTLUM HLUKU	93
8.	IZOLACE	95
	PROJEKT	96
9.	TECHNICKÁ ZPRÁVA	98
9.1	ÚVOD	98
9.1.1	PODKLADY PRO ZPRACOVÁNÍ	98
9.1.2	VÝPOČTOVÉ HODNOTY KLIMATICKÝCH POMĚRŮ	99
9.1.3	OCHRANA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ	99
9.1.4	VÝPOČTOVÉ HODNOTY VNITŘNÍHO PROSTŘEDÍ	100
9.2	ZÁKLADNÍ KONCEPČNÍ ŘEŠENÍ	101
9.2.1	HYGIENICKÉ POŽADAVKY	102
9.2.2	TECHNOLOGICKÉ VĚTRÁNÍ A CHLAZENÍ	103
9.2.3	ENERGETICKÉ ZDROJE.....	103
9.3	POPIS TECHNICKÉHO ŘEŠENÍ	103
9.3.1	KONCEPCE VĚTRACÍCH A KLIMATIZAČNÍCH ZAŘÍZENÍ	103
9.4	NÁROKY NA ENERGIE.....	108
9.5	MĚŘENÍ A REGULACE	109
9.5.1	EPS.....	109
9.6	POŽADAVKY NA OSTATNÍ PROFESE	109
9.6.1	STAVBA	109
9.6.2	ELEKTROINSTALACE.....	110
9.6.3	ZDRAVOTECHNIKA	110
9.6.4	ROZVOD TEPLA.....	110
9.7	PROTIHLUKOVÁ OPATŘENÍ.....	111
9.8	IZOLACE A NÁTĚRY	111
9.10	PROTIPOŽÁRNÍ OPATŘENÍ	112
9.11	MONTÁŽ, PROVOZ A OBSLUHA ZAŘÍZENÍ.....	112
9.12	ZÁVĚR.....	112
9.13	FUNKČNÍ SCHÉMA.....	113
9.14	TECHNICKÁ SPECIFIKACE	117

POUŽITÉ ZDROJE

10.	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A OZNAČENÍ	126
11.	SEZNAM OBRÁZKŮ, TABULEK A GRAFŮ	127
12.	SEZNAM PŘÍLOH	129

ÚVOD

V experimentální části této diplomové práce je zde zhodnocení tlakové únosnosti válcových nátrubků tištěných pomocí 3D tiskárny. Nátrubky byly vytištěny s různými tloušťkami stěn a různých způsobů aditivního vrstvení materiálu.

V teoretické části této diplomové práce jsou zde nastíněny typy aditivních technologií se zaměřením na vývoj FDM tiskáren a vývoji otevřených designů. Je zde průběh vývoje RepRap projektu s popisem celého zařízení. Je zde rozveden i výrobní proces celého 3D tisku. Nakonec je zde souhrn uplatnění aditivních technologií v oboru TZB.

V projektové části Ve je řešen návrh nuceného větrání Sportovní haly. Systém nuceného větrání je tvořen vzduchotechnickými jednotkami, které dopravují upravený vzduch do jednotlivých funkčních celků. Dvě vzduchotechnická zařízení jsou umístěna v exteriéru na střeše, dvě zařízení jsou umístěna pod střechou a jedna je umístěna ve strojovně. Objekt je posouzen z hlediska tepelných ztrát a zisků pro prioritní místnosti funkčních celků. Pokrytí tepelné zátěže je provedeno vzduchotechnickým zařízením. Dále je vypracován projekt, který obsahuje veškerou textovou a výkresovou dokumentaci včetně technických specifikací a regulačních (funkčních) schémat. Celý projekt je vypracován ve stupni provedení pro stavební povolení.



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

VYUŽITÍ 3D TISKU V TZB

USING 3D PRINTING IN HVAC

A. TEORETICKÁ ČÁST

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Ondřej Malovaný

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. PAVEL UHER, Ph.D.

BRNO 2019

1. ADITIVNÍ TECHNOLOGIE A RAPID PROTOTYPING

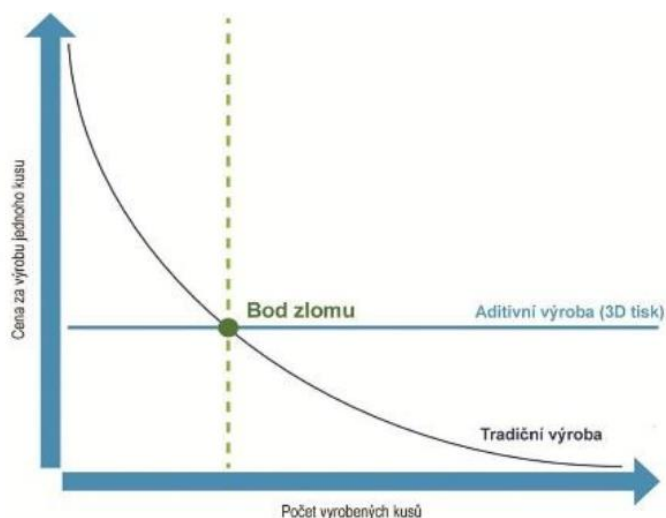
1.1 ADITIVNÍ TECHNOLOGIE

První zmínky o aditivních technologiích se začaly objevovat již v 80. letech minulého století. Tyto technologie lze označit jako tvorbu výrobků, které oproti konvenčnímu způsobu výroby jako je třeba třískové obrábění, při nichž je materiál odebírán, vzniká výsledný produkt postupným nanášením stavebního materiálu po velmi tenkých vrstvách, které se navzájem spojují například lepením, tavením nebo spékáním. [1] Samotné označení 3D tisk je jen zjednodušený název technologie tzv. aditivní výroby. Použití těchto technologií dokážeme tvořit náročné tvary jakékoli složitosti a konstrukce. Jako příklad inovativního procesu za použití aditivních technologií jsou třeba formy pro lisování plastu s konformním chlazením.



Obrázek 1 - Konformní chlazení lisovacích forem [2]

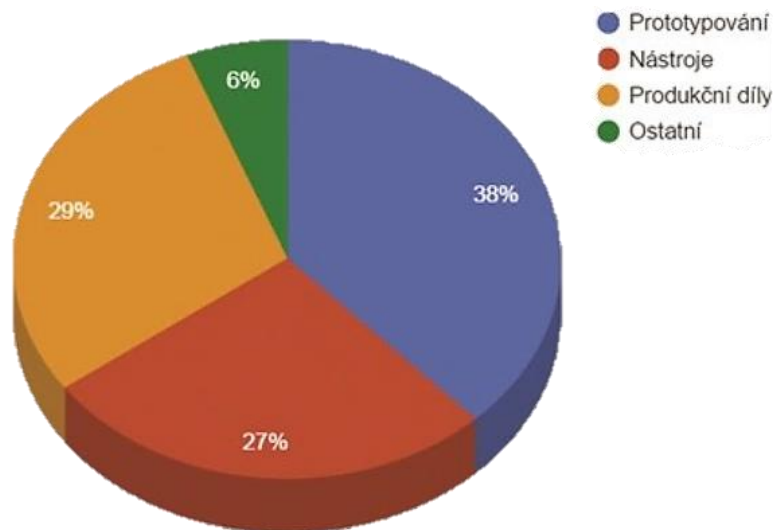
Díky této technologii mohou být chladicí kanály i v nelineárním provedení, čímž je dosaženo optimální teploty formy, která má přímou závislost na životnosti a zmetkovitosti výrobků. Aditivní technologie dokázala splnit vysoké nároky na kvalitu výsledného produktu rychlostí výroby velkou škálou použitých materiálů jako například plasty, kovy, vosky nebo třeba i dřevo a neposlední řadě také úspora peněz při kusové nebo malosériové výrobě.



Obrázek 2 - Volba způsobu výroby v závislosti na ekonomice výroby [3]

1.1.1 MOŽNOSTI VYUŽITÍ ADITIVNÍCH TECHNOLOGIÍ V PRAXI

Aditivní technologie jsou v současné době na obrovském vzestupu a rozvoji ve velkém množství využití přímo v konkrétních oborech. Největší nárůst prodeje je zaznamenán v oblasti nejlevnějších 3D tiskáren, které jsou finančně dostupné i jednotlivým fyzickým osobám pro tzv. domácí provoz. S nástupem těchto cenově dostupných technologií značně naroste i trh a prodej materiálů a poptávka po službách, které úzce souvisí se samotným tiskem.



Obrázek 3 - Využití 3D tisku ve firmách [3]

V současné době jsou zatím stále hlavními uživateli lidé, kteří tyto technologie využívají pro profesní účely, jako jsou projektanti, konstruktéři, zdravotníci, umělci, designéři návrháři a architekti. U tisku z kovového prášku je zde využití v leteckém, kosmickém, vojenském, automobilovém a neposlední řadě také ve zdravotnickém průmyslu, který se díky novým technologiím stále více vyvíjí. Nové rozvíjející se využití je malosériová výroba, kdy je pro výrobu malého počtu výrobků velmi vysoká pořizovací cena přípravy a samotné výroby požadovaného kusu. V tomto případě při správném použití aditivní technologie můžeme dosáhnout jak už časové úspory při výrobě ale také hlavně značnou úsporu financí a velkou volnost variabilního zadání pro konkrétního zákazníka zvlášť.

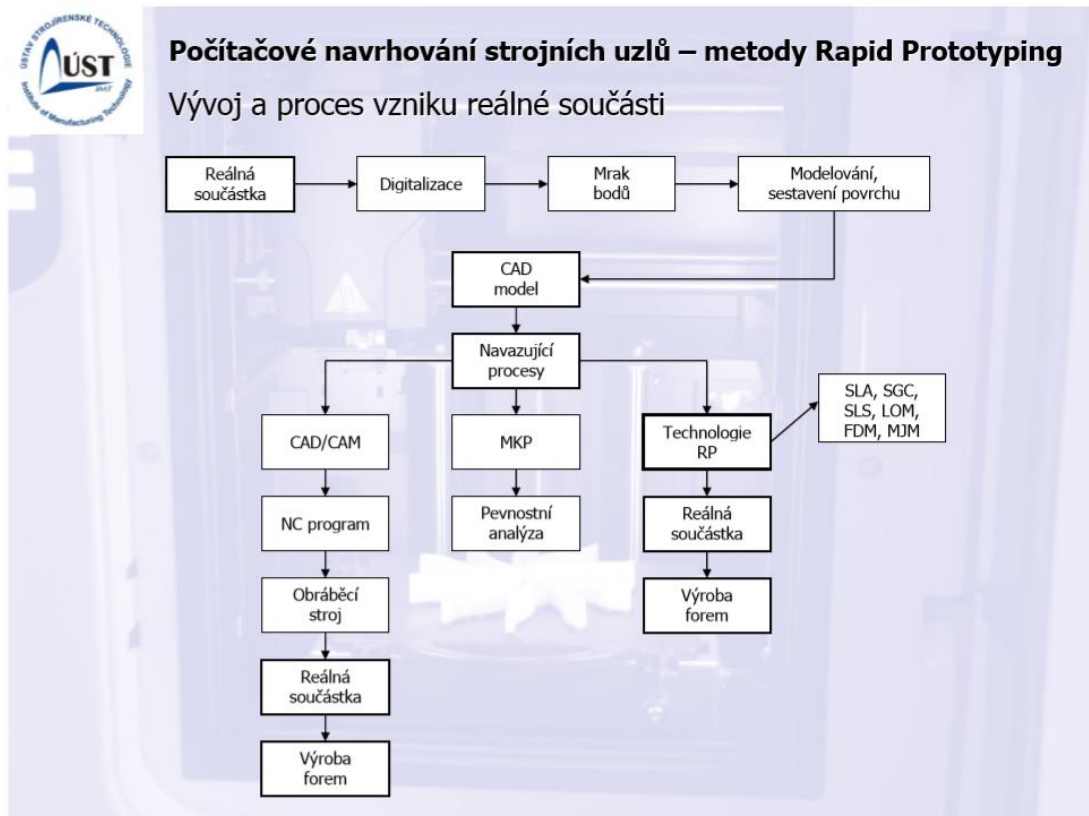
Oblasti největšího využití aditivních technologií:

- | | |
|------------------------|--------------------|
| ▪ prototypování | ▪ vojenský průmysl |
| ▪ strojírenství | ▪ móda a design |
| ▪ reverzní inženýrství | ▪ kosmický výzkum |
| ▪ automobilový průmysl | ▪ vzdělání |
| ▪ zdravotnictví | ▪ architekt |
| ▪ letecký průmysl | |

1.2 RAPID PROTOTYPING

Rapid prototyping (RP) = rychlý vývoj prototypu

RP zahrnuje všechny technologie, které automatizují proces pro tvorbu trojrozměrných kompaktních objektů z materiálů, které daná technologie podporuje. Skupina technologií, které umožňují výrobu modelů a prototypů komplikovaných dílů z 3D dat. [4]



Obrázek 4 - Vývoj a proces vzniku reálné součásti [5]

1.2.1 TYPY PROTOTIPŮ

- **Konstrukční prototypy** [4]
Kontrola geometrie a montáže, (materiály nejsou tak podstatné)
- **Prototypy designu** [4]
Ve skutečné velikosti či v měřítku zlepšují komunikaci mezi partnery – výhodné pro kontrolu návrhu / estetiky atd., přesnost není podstatná
- **Funkční prototypy** [4]
Dovolují testování a analýzy typu obtékání, modely do větrných tunelů atd. (Podobné anebo shodné materiály)
- **Technické prototypy** [4]
Mají všechny funkční rysy, výrobní proces může být lehce odlišný

1.2.2 METODY RAPID PROTOTYPING

Metody technologie rapid prototyping je možné rozdělit několika způsoby, např. podle nanášení jednotlivých vrstev, z hlediska výrobního postupu nebo na nejzákladnější dělení podle druhu použitého materiálu. [6]

Na bázi fotopolymerů

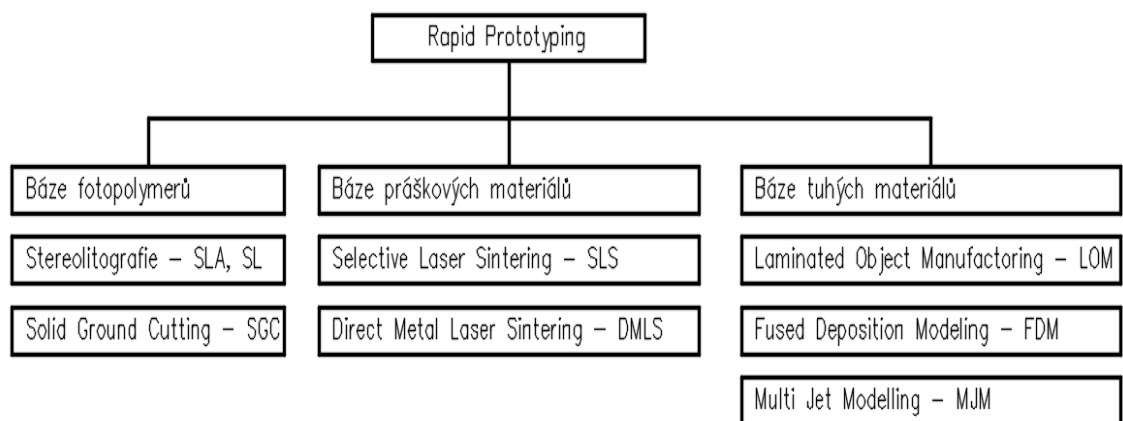
Modely na bázi fotopolymeru jsou stavěny v nádobě s kapalnou pryskyřicí, kde vytvrzení jednotlivých vrstev dochází pod hladinou. Tvorba celého modelu vzniká, že po dokončení jedné vrstvy, se materiál posune o určitou hodnotu a následně dochází k vytvrzení další vrstvy. Tato zařízení se mohou ještě dělit podle typu laseru, metody skenování, zvedacího mechanismu a optické soustavy. Patří zde metody SLA a SGC. [6]

Na bázi práškových materiálů

Tato skupina používá k výrobě modelů jako výchozí materiál jemný prášek. Jako výchozí materiál se používá polyamid, nylon, polykarbonát kovový prášek nebo vosk. Řadí se zde metody SLS a DMLS. [6]

Na bázi tuhých materiálů

Hlavním znakem této skupiny je, že pro vytvoření prototypu je materiál na začátku v tuhé fázi. Některé metody mohou využívat taky laserový paprsek (metoda LOM). Materiál pro tvorbu modelů je například polykarbonát, vosk, ABS a termopolymer. Patří zde metody LOM, FDM, MJM. [6]



Obrázek 5 - Rozdělení metod Rapid Prototyping

1.2.3 SOUHRN ZÁKLADNÍCH VLASTNOSTÍ JEDNOTLIVÝCH METOD RP

	Orientační Velikost komory šxdxv [mm]	Materiál modelu	Tloušťka vrstvy [mm]	Výhody	Nevýhody
S L A	600x600x500	Fotopolymer	0,05-0,15	Model může obsahovat přesné detaily a tenké stěny.	Výkonný laserový zdroj, fotopolymer vykazuje toxické vlastnosti, dokončovací vytváření modelu, malá tepelná odolnost modelu.
S G C	500x350x500	Fotopolymer, nylon	0,10-0,50	Poškozené vrstvy jsou odfrézovány, model se staví bez podpor.	Výkonný laserový zdroj, malý výběr materiálu pro model.
S L S	350x350x450	Polyamid, polykarbonát, nylon, vosk, kovové prášky	0,10-0,50	Výkonný laserový zdroj, nenatavený prášek slouží jako podpora, široké spektrum materiálů.	Prostorově a energeticky náročné zařízení, nebezpečí rozptýlení kovového prášku, pórovitost modelu – nutnost dokončovacích operací, drsný povrch podpor.
D M L S	250x250x215 (EOSINT M270)	Kovové prášky	0,02-0,04	Výkonný laserový zdroj, nespotřebovaný prášek je z 98% znovu využíván, široké spektrum materiálů.	Prostorově a energeticky náročné zařízení, nebezpečí rozptýlení kovového prášku, pórovitost modelu – nutnost dokončovacích operací, drsný povrch podpor.
L O M	500x700x300	Papír s jednostranným pojivem	0,01-0,20	Model má podobnou strukturu jako dřevo, lze ho snadno obrábět, tvarová stálost.	Výkonný laser, produkce nežádoucích výparů, nižší přesnost součástí, pracné odstraňování podpor.
F D M	200x200x300 (Dimension) 600x500x600 (Quantum)	ABS a ABS+, vosk, polykarbonát	0,05-0,33	Několik druhů materiálů, nepřítomnost škodlivých emisí.	Model nemá stejné mechanické vlastnosti v různých směrech, dokončovací operace – odstranění podpor.

Tabulka 1 - Souhrn základních vlastností jednotlivých metod RP [5]

1.3 LEGISLATIVA ADITIVNÍCH TECHNOLOGIÍ

Aditivní výrobu popisuje norma ISO/ASTM 52900:2015 (Additive Manufacturing General Principles – Terminology) [7]

Norma je rozdělená do 7 výrobních procesů:

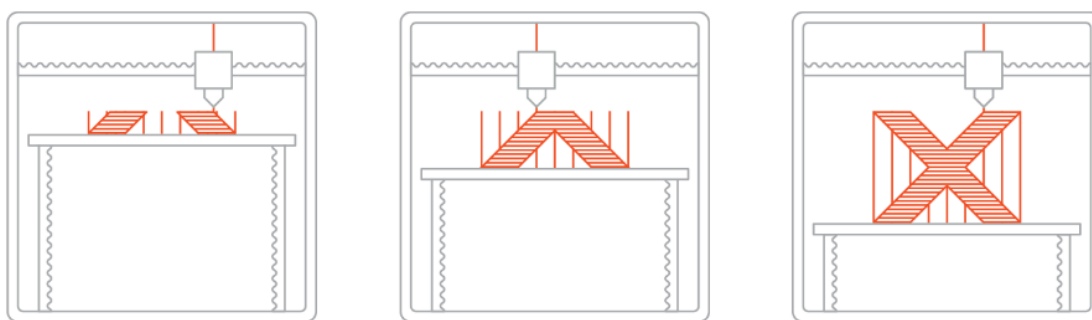
- **Vytlačování materiálu** (Material Extrusion) - materiál je selektivně vytlačován přes trysku. Metoda používaná hlavně pro tisk termoplastů.
- **Nanášení tryskáním** (Material Jetting) - kapičky materiálu jsou selektivně ukládány. Lze tisknout polymery a vosky.
- **Tryskání pojiva** (Binder Jetting) - vrstvu po vrstvě je nanášené tekuté pojivo za účelem spojení práškových materiálů. Lze tisknout kovy, písek a keramiku.
- **Laminace plátů** (Sheet Lamination) - konečný model vytvářejí pláty materiálu, kterou jsou spojovány v celek.
- **Fotopolymerace** (Vat Photo-polymerization) - vrstvu po vrstvě je fotopolymerní kapalina v nádobě vytvrzována polymeračním světlem. Ptryskyřice je slouží jako materiál k vytvrzování.
- **Spékání práškové vrstvy** (Powder Bed Fusion) - tepelná energie laserového nebo elektronového paprsek spéká práškový kov vrstvu po vrstvě. Lze tavit oceli, hliníkové a titanové slitiny, kobalt-chromové slitiny, i exotické materiály .
- **Přímé energetické nanášení** (Directed Energy Deposition) - soustředěnou tepelnou energií je materiál nataven i při změně polohy.

2. FDM

2.1 POPIS TECHNOLOGIE

Fused Deposition Modeling (FDM) nebo **Fused Filament Fabrication** (FFF) je proces aditivní výroby, který patří do rodiny extruzí materiálu. V FDM je objekt vybudován selektivně nanesením roztaveného materiálu v dopředu určené vrstvě po vrstvě. Použité materiály jsou termoplastické polymery a jsou ve formě vlákna (filamentu).

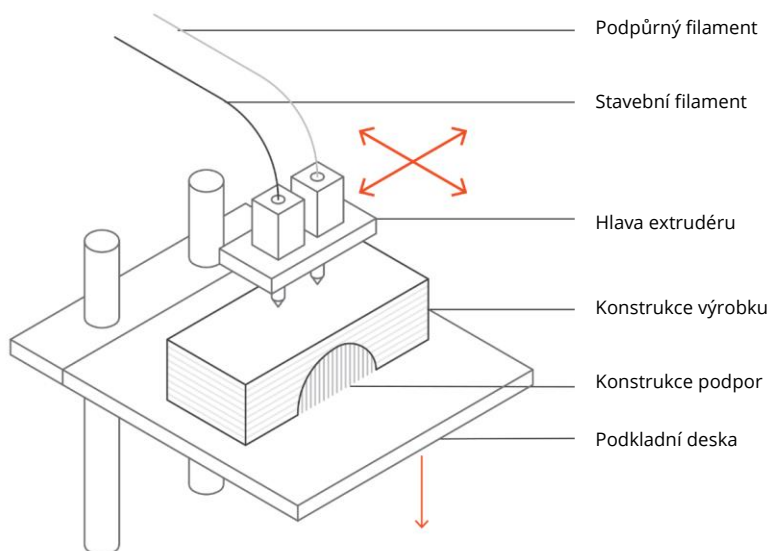
FDM je nejrozšířenější 3D technologií tisku: představuje největší rozrůstající základnu 3D tiskáren na světě a je často první technologií, se kterou jsou lidé seznámeni.



Obrázek 6 - Postup FDM tisku s použitím podpor [8]

2.2 JAK FUNGUJE PROCES VÝROBY FDM:

- I. Cívka termoplastického vlákna (filamentu) je nejprve vložena do tiskárny. Jakmile tryska dosáhne požadované teploty, vlákno se přivádí do vytlačovací hlavy a do trysky, kde se roztaví. [8]
- II. Extruzní hlava je připojena k 3-osovému systému, který umožňuje pohyb v směrech X, Y a Z. Roztavený materiál je vytlačován do tenkých pramenů a je uložen vrstvou po vrstvě na předem určených místech, kde se ochladí a tuhne. Někdy je chlazení materiálu urychleno použitím chladicích ventilátorů připojených na vytlačovací hlavici. [8]
- III. Chcete-li vyplnit oblast, vyžadují se více průchodů (podobně jako zbarvení obdélník se značkou). Když je vrstva dokončena, stavěná platforma se posune dolů (nebo v jiných strojích, vytlačovací hlava se pohybuje nahoru) a je uložena nová vrstva. Tento proces se opakuje, dokud není část dokončena. [8]



Obrázek 7 - Schéma typické tiskárny

2.3 DEFORMACE MATERIÁLU PŘI TISKU

Deformace je jedním z nejběžnějších defektů v FDM. Když se extrudovaný materiál ochlazuje během ztuhnutí, jeho rozměry se snižují. Jelikož různé části tisku se ochlazují různými rychlostmi, mění se také jejich rozměry v závislosti roztažnosti materiálu při různých rychlostech. Diferenciální chlazení způsobuje nahromadění vnitřních napětí, které táhnou podkladovou vrstvu směrem nahoru a způsobují její deformaci. [8]

Rizika vzniku deformací

- Velké ploché plochy jsou náchylnější k deformaci
- Tenké vyčnívající prvky jsou také náchylné ke zkřivení.
- Ostré rohy se zkříví častěji než zaoblené tvary
- Různé materiály jsou náchylnější k deformaci: ABS je obecně citlivější na deformaci ve srovnání s PLA nebo PETG, kvůli jeho vyšší přechodové teplotě a relativně vysokému koeficientu tepelné roztažnosti.



Obrázek 8 - Hranová deformace [8]

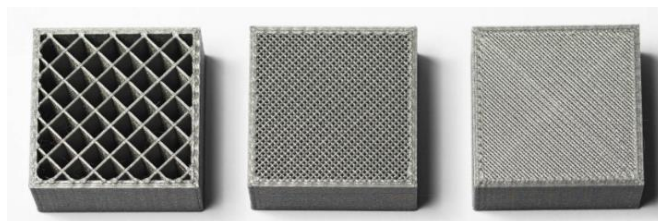
2.4 PODPŮRNÉ STRUKTURY A VÝPLNĚ MATERIÁLŮ

Podpůrná struktura je nezbytná pro vytváření geometrií s převisy ve FDM. Roztavený termoplast nemůže být nanesen na tenkém vzduchu. Z tohoto důvodu některé geometrie vyžadují podpůrnou strukturu. Podrobný článek vysvětlující použití struktury podpory naleznete zde . [8]

Podpora je obvykle vytištěna ve stejném materiálu jako součást. Podporované materiály, které se rozpouštějí v kapalině, existují, ale používají se hlavně v high-end stolních nebo průmyslových 3D FDM tiskárnách. Tisk na rozpustných nosičích výrazně zlepšuje kvalitu povrchu dílu, ale zvyšuje celkové náklady na tisk jako speciální stroj (s dvojitým vytlačováním) a protože náklady na rozpustný materiál jsou relativně vysoké. [8]

Části FDM obvykle nejsou vytištěny pevně, aby se zkrátila doba tisku a šetřil materiál. Místo toho je vnější obvod vysledován několika průchody, nazvanými skořápkami, a vnitřek je vyplněn vnitřní strukturou s nízkou hustotou nazývanou výplň. [8]

Výplň a tloušťka pláště výrazně ovlivňují pevnost součásti. Průvodce pro výběr nejlepších parametrů skořepiny a výplně pro 3D tisk FDM naleznete zde. U stolních FDM tiskáren je výchozí nastavení 25% hustota výplně a 1 mm tloušťka skořepiny, což je dobrý kompromis mezi pevností a rychlostí pro rychlé tisky. [8]



Obrázek 9 - Hustota výplně [8]

2.5 VÝHODY A NEVÝHODY FDM TISKU

- + Metodou FDM lze vyrobit funkční prototypy, které mají podobné vlastnosti jako konečné produkty.
- + K tisku je možnost využití různých materiálů. Při výrobě součásti vzniká minimální odpad – pouze materiál podpor.
- + V průběhu výroby součásti je možno kazetu s materiálem vyměnit za novou a pokračovat ve výrobě. Jedná se o metodu, která je finančně dostupná i pro širokou veřejnost. [6]
- Nevýhodou metody FDM je omezená přesnost, která je způsobena použitým materiálem a průměrem výstupní trysky. Negativní vlastností materiálu je smrštění během chladnutí [6]

2.6 DĚLENÍ FDM TISKÁREN PODLE SYSTÉMU POUŽÍVÁNÍ

Open source design (někdy jen open design) neboli otevřený design značí, že k zakoupenému produktu je přiložena i jeho kompletní dokumentace, schémata a seznam materiálů. Obvykle se k takovému produktu dodává i návod k sestavení stroje a open source software. Open tiskárny je možno snadno opravovat, upravovat nebo rozšiřovat o další hardware, například lze vyměnit celý systém pro přívod jiného typu materiálu.

Closed source design neboli uzavřený design tiskáren je jejich přesným opakem, jelikož jsou hlídány autorskými právy.

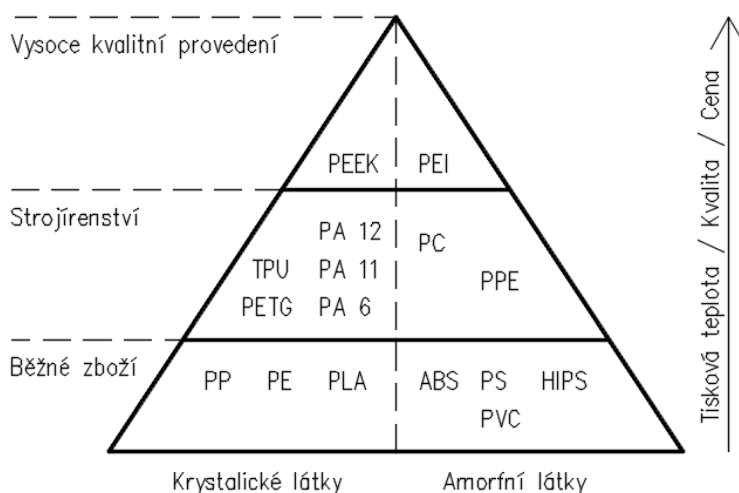
Open design je řešení spíše cenově dostupnějších tiskáren a převážná většina, ne-li všechny profesionální tiskárny jsou dostupné pouze v uzavřeném designu.

2.7 MATERIÁLY PRO FDM TISK

Jednou z hlavních předností FDM tisku je široká škála dostupných materiálů. Použitý materiál ovlivní mechanické vlastnosti a přesnost tištěné části, ale i cenu.



Obrázek 10 - Spektrum nejrůznějších materiálů pro FDM Tisk [9]



Obrázek 11 - Pyramida termoplastických materiálů dostupných v FDM [8]

2.8 TYPY KONSTRUKCÍ

2.8.1 KARTÉZSKÝ SOUŘADNÝ SYSTÉM

Kartézský souřadný systém je nejběžnější návrh, který se u spotřebitelských 3D tiskáren nachází. Kartézské 3D tiskárny jsou pojmenovány po souřadném systému - osách X, Y a Z, které se používají k určení, kde a jak se pohybovat ve třech rozměrech. [10]

Kartézské 3D tiskárny mají typicky tiskovou vrstvu, která se pohybuje pouze v ose Z. Extruder je umístěn na ose X a os Y, kde se může pohybovat ve čtyřech směrech na portálu. Tento princip lze vidět v akci na populárních modelech od společnosti Průša i3. [10]

Existují však variace. Například pomocí tlačítek PrintBot Simple, namísto přesunutí tiskové hlavy čistě do prostoru XY, se jedna z os změní pohybem samotné tiskové vrstvy. Jedná se o mechanicky jednodušší konstrukci, a proto je snadnější udržovat, ale při obětování rychlosti tisku. [10]

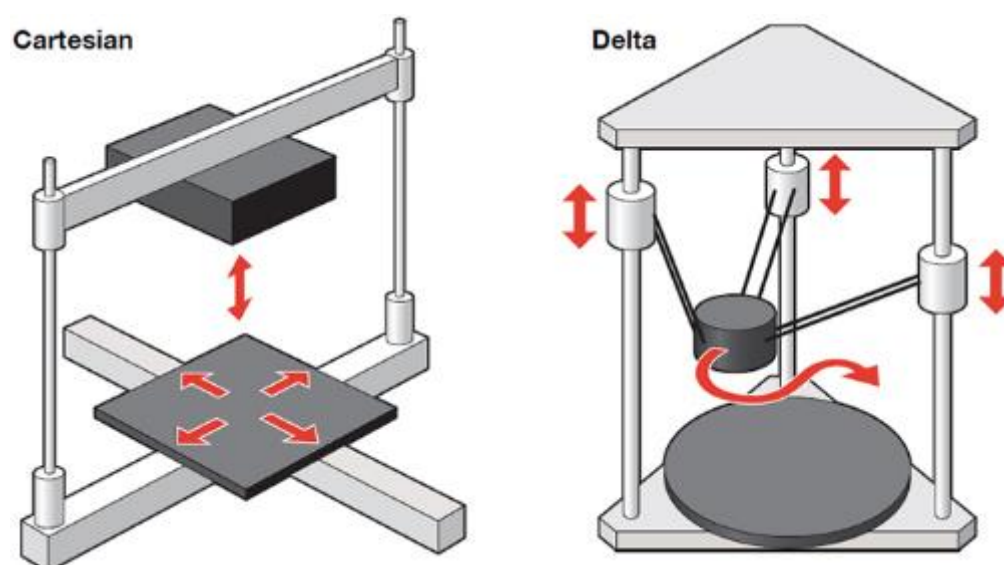
2.8.2 DELTA SYSTÉM

3D tiskárny Delta pracují také v karteziánské rovině.

Identifikace charakteristik začíná kruhovým tiskovým lůžkem. Extruder je zavěšen nad tiskovou vrstvou třemi rameny v trojúhelníkovém uspořádání, a tudíž jménem "Delta". [10]

Delta 3D tiskárny byly navrženy pro rychlost, ale také mají rozdíl mezi tiskovou vrstvou, která se nikdy nepohybuje, což může být užitečné pro určité tiskové úlohy.

Někdy se však tvrdí, že tato kategorie tiskárny není tak detailní ani přesná, jako její karteziánský sourozenec. [10]



Obrázek 12 - Kartézské a delta kinematické uspořádání

2.8.3 POLÁRNÍ SYSTÉM

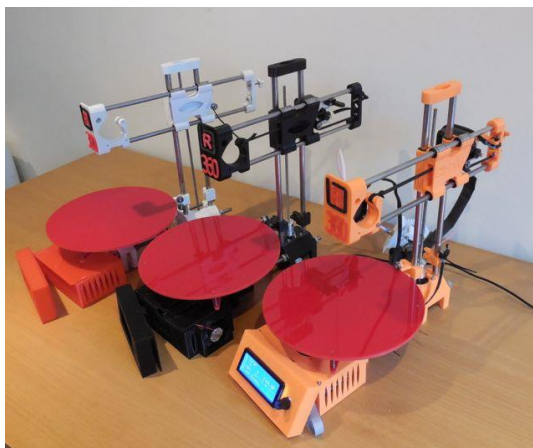
Tato kategorie používá polární souřadnicový systém. Je to podobné kartézskému, s výjimkou toho, že sady souřadnic popisují spíše body na kruhové mřížce než na náměstí. [10]

To vše znamená, že můžete mít tiskárnu s otočnou postelí a tiskovou hlavu, která se může pohybovat nahoru, dolů, vlevo a vpravo. [10]

Velkou výhodou polární 3D tiskárny je, že tiskárna může fungovat pouze se dvěma krokovými motory. Porovnejte to s typickou kartézskou 3D tiskárnou, která vyžaduje minimálně jeden krokový motor pro každou osu - obvykle nejméně čtyři - a začnete vidět úsporu efektivity. [10]

Polární 3D tiskárny navíc mohou mít větší prostor pro vytváření v rámci menších prostorů a postrádají požadavek, aby se prostor XYZ pohyboval. [10]

Pohyb je poměrně hypnotický. Nemusí to vypadat jako *intuitivní* jako jiné návrhy, ale konečné výsledky jsou přesně stejné. [10]



Obrázek 13 - Polární 3D tiskárna [11]

2.8.4 SCARA SYSTÉM

3D tiskárny typu scara používají pro ovládání pohybu extruderu dvě robotická ramena nebo jedno dvoukolové rameno. Tiskárny jsou poměrně jednoduché pro sestavení. [12]



Obrázek 14 – Scara 3D tiskárna [12]

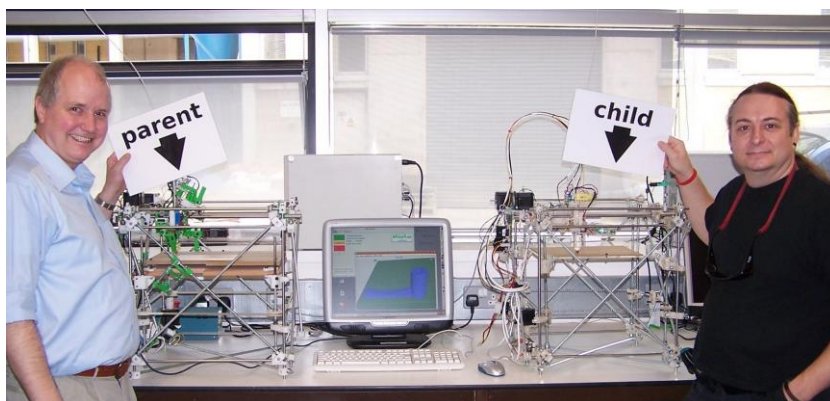
3. REP RAP

Je projekt původem z Velké Británie, jenž si kladl za úkol vytvořit 3D tiskárnu, která by si mohla vytvořit většinu komponent sama. Zkratka je odvozena z anglického replicating rapid prototyper. [13]

3.1 HISTORIE PROJEKTU REPRAP

Stručné shrnutí historie projektu [13]:

- 2005 – První 3D tiskárna Macceno, kterou postavil Vik Oliver z Merkuru
- 23. 3. 2005 - Byl založen blog věnující se této problematice Dr Adrianem Bowyerem z Univerzity v Bathu ve Velké Británii.
- 13. 9. 2006 - Prototyp RepRap 0.2 úspěšně vytisknul první část, která mohla nahradit originální díl vytištěný na komerční 3D tiskárně.
- 2007 – První tiskárna RepRap 1.0 „Darwin“
- 9. 2. 2008 – Tiskárna RepRap 1.0 „Darwin“ úspěšně vytisknula polovinu plastových součástek.
- 14. 4. 2008 – Pravděpodobně první vytisknutý předmět pro koncového uživatele. Držák telefonu do auta.
- 29. 5. 2008 – RepRap tiskárna poprvé stvořila druhou tiskárnu.
- 23. 9. 2008 – Na světě je minimálně dalších 100 tiskáren.
- 13. 10. 2009 – Dokončena druhá generace tiskáren – RepRap 2.0 „Mendel“
- 2011 – Dokončena verze tiskárny Prusa i2 vycházející z tiskárny Mendel
- 2012 – Dokončena verze tiskárny Prusa i3.
- 2013 – RepRap 3D tiskárna Rebel I.

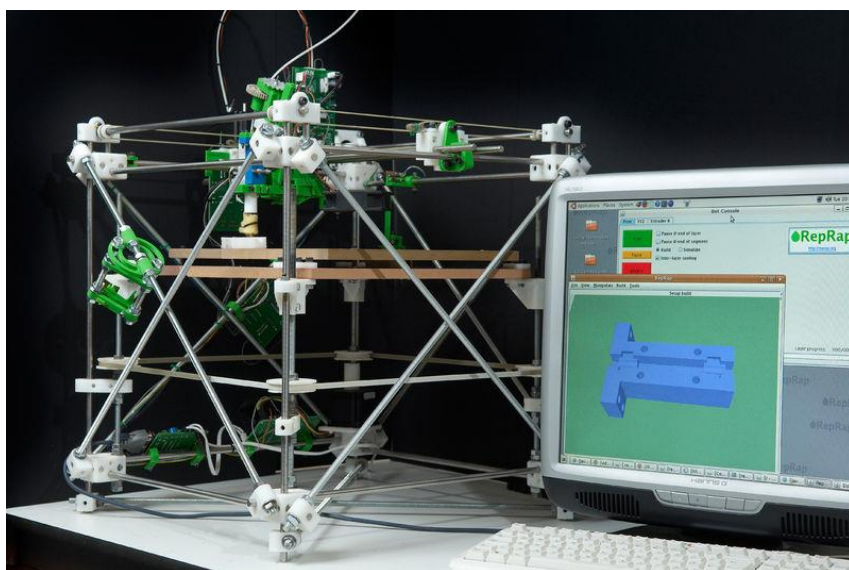


Obrázek 15 - Všechny části pro stroj vpravo byly vyrobeny vlevo. Adrian Bowyer (vlevo) a Vik Oliver (vpravo) jsou členy projektu RepRap [38]

3.2 VÝVOJ TISKÁREN REPRAP

3.2.1 RepRap 1.0 Darwin

První generace tiskáren byla vytvořena v roce 2008. Šlo o úplně první tiskárnu na světě, která byla schopná sebereplikace. Darwin se skládá z rámu ze závitových tyčí a dílů, které drží tyče pohromadě, pracovního stolu, který se pohybuje vertikálně uvnitř rámu v ose Z. Dále ze dvou tiskových hlav umístěných nad horní stěnou rámu, které se pohybují v ose X a Y. Tištěný objekt se při tisku posouvá spolu se stolem dolů, vrstvu po vrstvě. [14]



Obrázek 16 - 3D tiskárna RepRap 1.0 Darwin [15]

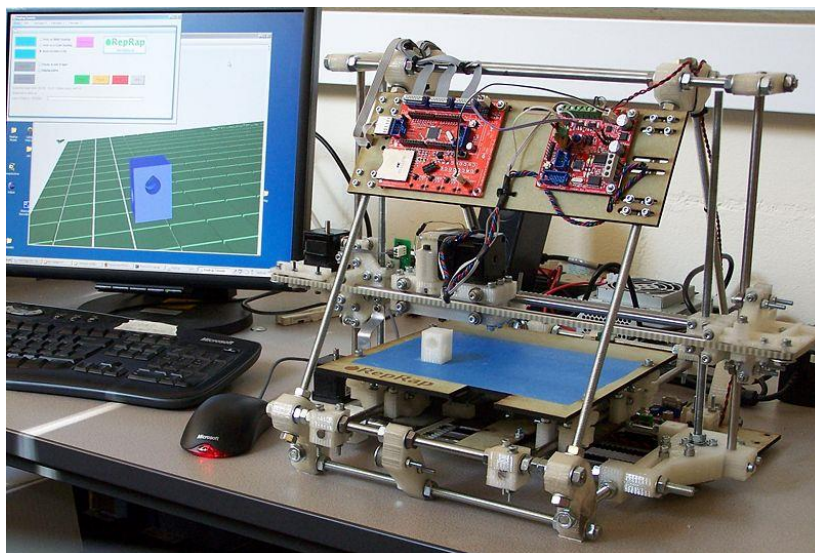
Parametry tiskárny RepRap 1.0 Darwin [14]

- Pracovní objem - 230 x 230 x 100 (Z)
- Motory - NEMA 23
- Přesnost v osách XY - 0,1 mm
- Počet tiskových hlav - 2 (materiál a podpora)
- Vnější rozměry - 600 x 520 x 650 (v) mm
- Váha - 14 kg

3.2.2 RepRap 2.0 Mendel

Druhá generace tiskáren přišla s jiným uspořádáním os. Stůl se hýbe pouze v ose Y, zatímco tisková hlava se nyní pohybuje v ose X a Z.

Mezi hlavní přednosti tiskárny patří větší tisknutelný objem, mnohem jednodušší montáž, lepší organizace pracovních os a z toho vyplývající tuhost tiskárny [16]



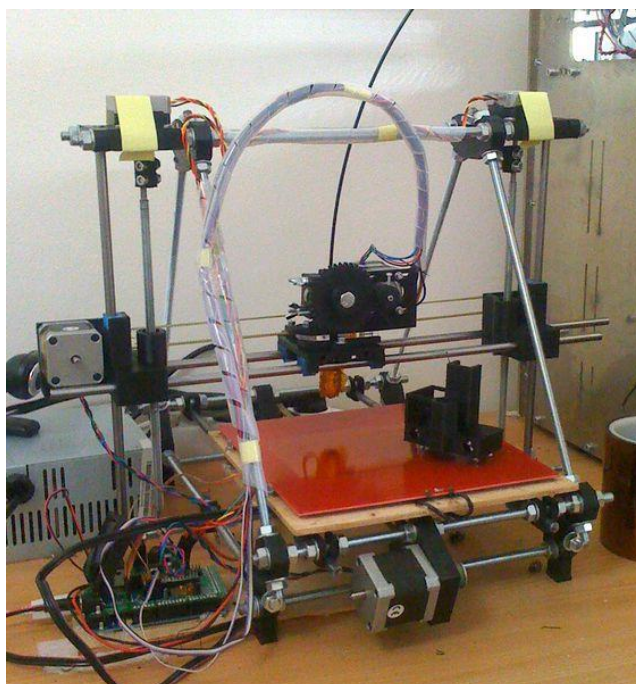
Obrázek 17 - 3D tiskárna RepRap 2.0 Mendel [17]

Parametry tiskárny Mendel [16]

- Pracovní objem - 200 x 200 x 140 (Z) mm
- Váha – 7 kg
- Přesnost v osách XY - 0,1 mm
- Rychlost tisku – 15 cm³ / hod
- Vnější rozměry - 500 x 400x 360 (v) mm
- Objem vytištěných částí - 1110 cm³

3.2.3 RepRap TISKÁRNA Prusa I2 (nebo Mendel – Prusa)

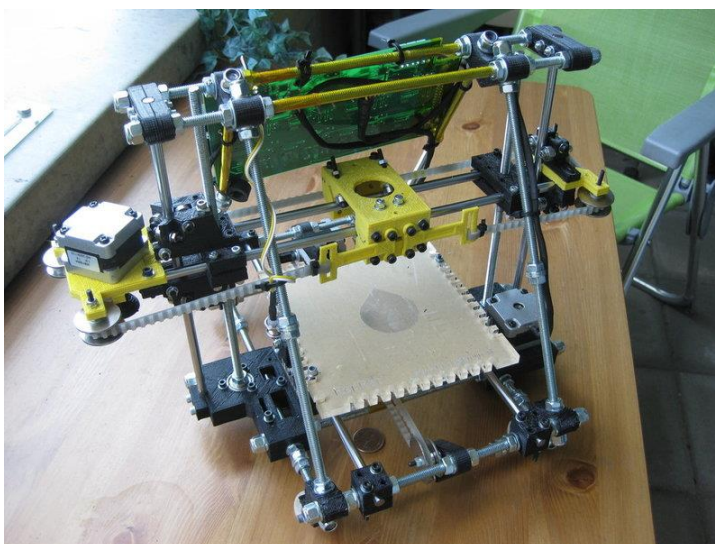
Funkčnost je stejná jako u modelu Mendel ze kterého také vychází, ale jsou zde aplikace, které razantně zvyšují jednoduchost a jsou levnější.



Obrázek 18 - 3D tiskárna RepRap Průša (Mendel) [18]

3.2.4 RepRap TISKÁRNA HUXLEY

Je to čtvrtá větev vývoje RepRap tiskáren. Obdobně jako Mendel-Prusa vychází také z modelu Mendel je ale vhodnější pro pokročilejších stavitelů otevřených designu RepRap tiskáren, kde je kladen důraz na miniaturizace.



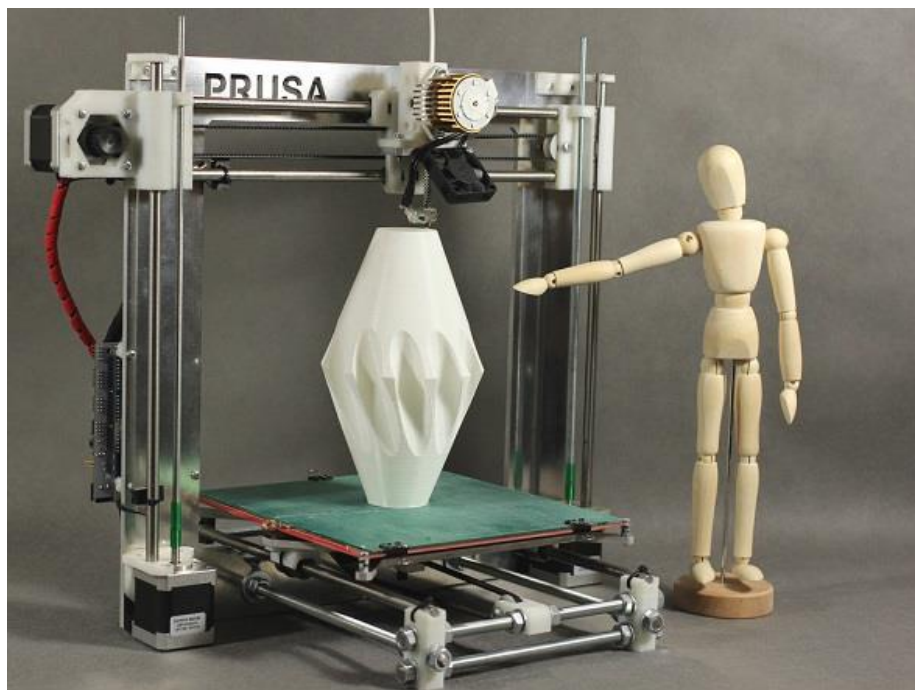
Obrázek 19 - 3D tiskárna RepRap Huxley [19]

3.2.5 RepRap TISKÁRNA Prusa i3

Jedná se nejrozšířenější tiskárnu z rodiny RepRap. Autorem této tiskárny je přední český vývojář tiskáren Josef Průša.

Mezi hlavní přednosti patří vyšší tuhost rámu a značně zjednodušená montáž proti tiskárně Mendel.

Prusa i3 také většinou obsahuje vyhřívanou podložku, která usnadňuje tisk materiálu ABS. [20]



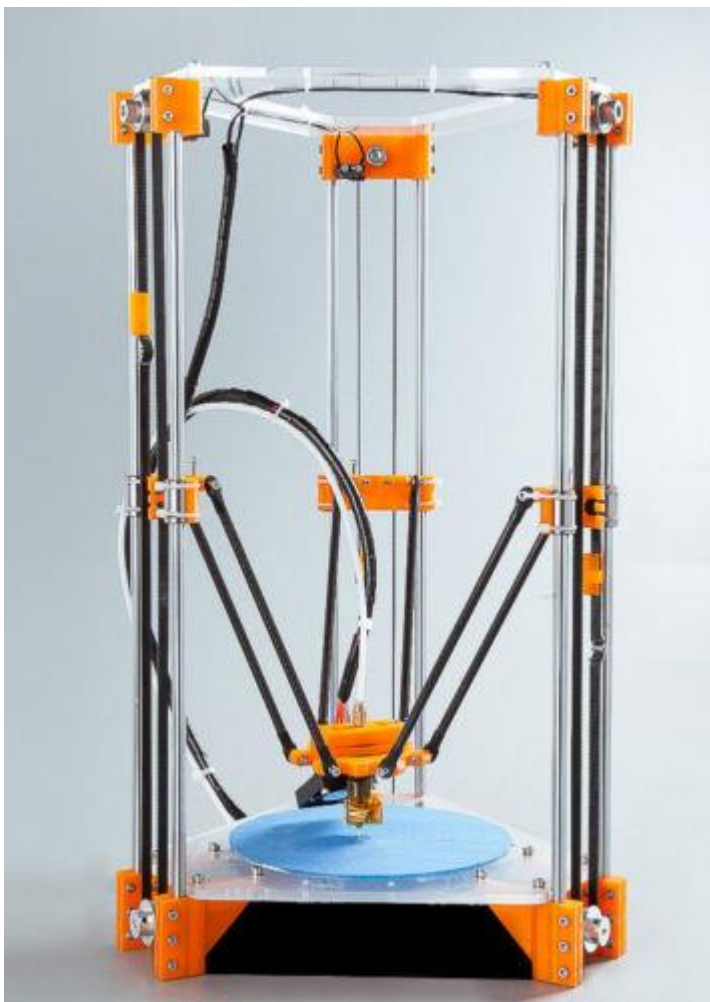
Obrázek 20 - Původní Tiskárna Prusa i3 [21]

Parametry tiskárny Prusa i3 s hliníkovým rámem [20]

- 26 plastových částí
- Nevytištěných součástek (přibližně) - 337
- Elektronika - téměř celá RepRap
- Pracovní objem - 200 x 200 x 200 mm
- Motory - 5x Nema 17
- Rám materiálu – 6 mm tlustý hliníkový plech

3.2.6 RepRap TISKÁRNA ROSTOCK

Tento prototyp z roku 2012 otevřel novou kategorii 3D tiskáren RepRap zvanou delta a položila základ pro tiskárny Kossel, Delta-Pi, Cerberus, a mnoho dalších. Tiskárna používá paralelní kinematický mechanismus, jehož výhodou jsou větší zrychlení a rychlosti tiskové hlavy, než u klasických mechanismů se sériovou kinematikou. [22]



Obrázek 21 - 3D tiskárna RepRap Rostock [23]

Parametry tiskárny Rostock [22]

- Tiskový prostor – 200 x 200 x 400 mm
- Pevný stůl - 200 x 200 mm
- Hmotnost koncového efektoru s tryskou je menší než 50gramů
- Rychlost polohování až 800 mm ve všech třech osách
- Je složená z méně než 200 dílů

3.3 ORIGINAL PRUSA

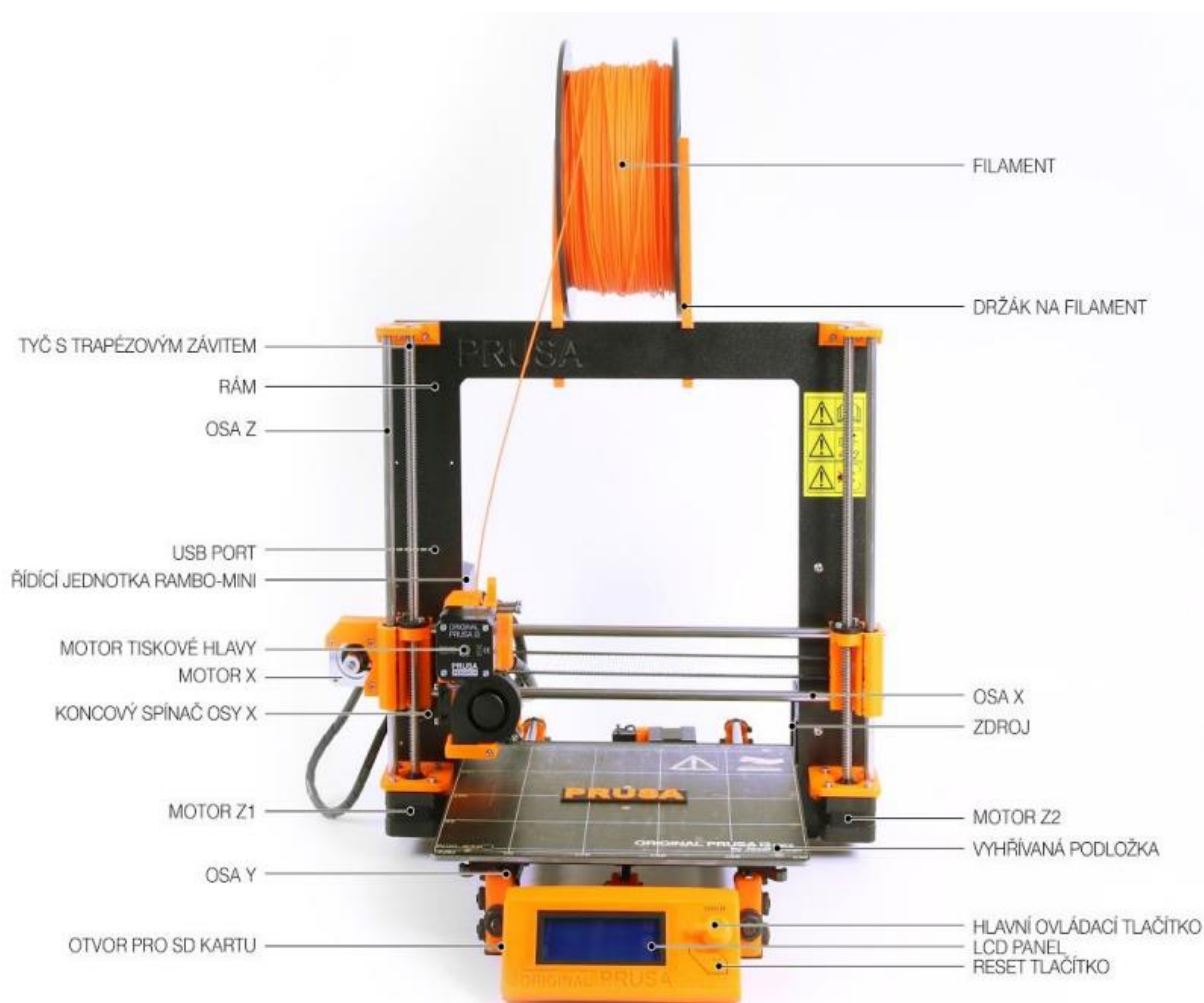
Josef Průša (* 23. 2. 1990) se o fenomén 3D tisku začal zajímat už před nástupem na Vysokou školu ekonomickou v roce 2009 - nejprve to byl koníček, nová technologie otevřená úpravám a vylepšením. Z koníčku se brzy stala náplň nejen volného času a Josef se stal se jedním z hlavních vývojářů mezinárodního open source (veškeré práce jsou volně dostupné pro jakékoli použití) projektu RepRap Adriana Bowyera. Dnes se s designem Prusa v různých verzích můžete potkat po celém světě, jedná se o jednu z nejpoužívanějších tiskáren a patří jí zásluhy o rozšíření povědomí o technologii 3D tisku mezi běžné lidi. Jeho práce na sebereplikačních tiskárnách (po zprovoznění můžete tisknout součástky na další tiskárny) stále pokračují a v současnosti je k dispozici třetí iterace Prusa i3 a ta je neustále inovovaná. Kromě hardwarových vylepšení tiskárny je hlavním cílem, aby technologie byla více dostupná a srozumitelnější pro všechny uživatele. [24]

ORIGINAL PRUSA i3 MK3	ORIGINAL PRUSA i3 MK2S
	
Original Prusa i3 MK3 je nástupcem světově oceňovaného modelu Original Prusa i3 MK2. S vylepšeným extruderem , řadou nových senzorů a revoluční magnetickou vyhřívanou podložkou MK52 s vyměnitelnými PEI tiskovými pláty jde o nejlepší 3D tiskárnu, jakou jsme dosud vyrobili!	Original Prusa MK2S je jednou z nejpopulárnějších 3D tiskáren na světě . Díky vlastnostem jako je vyhřívaná podložka s kompenzací studených rohů , bezúdržbová tisková plocha a podpora široké řady materiálů, se MK2S stala Nejlepší 3D tiskárnou roku 2017 a 2018 prestižního amerického časopisu MAKE:
 Stavebnice za 19 990 Kč	 Stavebnice za 15 990 Kč
 Tiskárna za 26 990 Kč	 Tiskárna za 23 990 Kč

Obrázek 22 - Základní ceny za jednotlivé modely PRUSA ORIGINAL [25]

3.3.1 TISKÁRNA ORIGINAL PRUSA i3 MK2S

Sestavená tiskárna se od stavebnice se liší tím, že je již kompletně sestavena, téměř připravena k tisku. Po zapojení a kalibraci tiskárny může uživatel do pár minut od rozbalení tisknout. K sestavené tiskárně má uživatel automaticky podporu po telefonu a e-mailu zdarma. 3D tiskárny používají pro tisk objektů různé typy filamentů, o dvou různých tloušťkách: 2,85 mm a 1,75 mm. Celosvětově je přitom verze s 1.75 mm používanější, i když kvalitativně mezi nimi žádný rozdíl není. Filament se dodává na cívce, na níž z boku najdete základní informace – výrobce, typ materiálu (ABS, PLA atd.) a tloušťku tiskové struny. Materiál tloušťky 2,85 mm se běžně nazývá 3 mm. Tato tiskárna podporuje pouze materiál o průměru 1,75 mm. [24]



Obrázek 23 - Tiskárna Original Prusa i3 MK2S

4. PROCES 3D TISKU

Celý proces jak už samotný 3D tisk nebo RP vždy musí začít první myšlenkou a smutným nápadem něco vytvořit. Jinak v podstatě existují tři fáze budování fyzických RP modelů založených na souboru dat v CAD systému., a to pre-processing, processing a následný post processing. Ať už je CAD model vytvářen klasickým způsobem (tvorba CAD modelu v jakémkoli CAD systému) nebo tzv. reverzním způsobem (z reálného výrobku se pomocí technologie skenerů vytvoří virtuální CAD model). Většina zařízení RP přijímá pouze soubor STL jako vstup digitálních dat, který většina komerčního inženýrského CAD systému dokáže převést. Model STL pak rozdělí do datových souborů (vrstev) a je přenesen do tiskárny, kde je model vytisknut. Na dokončeném RP modelu je pak proveden odpovídající post procesní operace jako je např. čištění, následné vytvrzení apod. [26]



Obrázek 24 - Počáteční myšlenka

4.1 PREPROCESSING (PŘÍPRAVNÉ PROCESY)

První krok procesu RP je prakticky totožný pro všechny různé systémy a zahrnuje vytvoření trojrozměrného počítačového návrhu modelu objektu. Precizně vytvořený CAD model ideálně povrchově uzavřených bez jakýchkoli děr, mezer a trhlin je klíčová součást úspěchu RP. CAD soubor je pak přeložen do triangulace tessellated STL formát, což je standardní formát pro 3D tisk. Tato fáze je alfou a omegou celého RP. Záleží také na zkušenosti modeláře který si musí být vědom všech nástrah a postupů. Tvorba modelu záleží na náročnosti modelu a zručnosti modeláře. Muže to trvat několik minut a nebo taky několik dní. [26]



Obrázek 25 - Převod CAD modelu do formátu STL [39]

4.1.1 ORIENTACE DÍLU

Částečná orientace má významný vliv na kvalitu finální části a náklady na prototypování. Přepínání mezi jednotlivými vrstvami má významnou část celková doba stavby, a proto musí být řádně optimalizována, aby se snížila doba výstavby a náklady na výrobek. Část by měla být orientována minimálně na výšku, aby se snížil počet vrstev. Pro procesy, které potřebují podpůrné struktury, by měla být orientována část optimalizovaná tak, aby vyžadovala minimální podporu, a tím snížila čas na stavbu modelu a stavební materiál. Konečná síla části bude ovlivněna jeho orientací v tiskovém prostoru. Část bude nejsilnější podél osy Y a osy X a méně silné podél osy Z. [26]

4.1.2 GENEROVÁNÍ A EDITACE PODPORY

Systémy rychlého prototypování jsou obvykle svázány se softwarem, který umožňuje automatické vytváření a editaci podpor. Software zpočátku vygeneruje podporu pro všechny převislé oblasti založené na výchozí podpoře. Po vytvoření může být podpůrná struktura individuálně modifikována (upravit, odstranit nebo přidat) na základě geometrie součásti. Podpora může posílit jemnou součást při stavbě a při postprocesingu. Nicméně přes podporu pro jemnou část zvýší obtíž odstranit podporu, a dokonce zničit jemné detaily na dolní ploše [26]

4.1.3 ŘEZÁNÍ (TLOUŠŤKA VRSTVY)

Model STL používaný pro RP obsahuje sbírku rovinných trojúhelníkových povrchů. Tyto tváře definují přibližnou hranici objektu. Horizontální vrstvy jsou stejné tloušťky, jsou vyráběny při řezání pro vytvoření vnější hranice části – křivka řezu. Potom může být identifikována prázdná a pevná oblast křivek řezu a může být pro vyplnění dílů vytvořen správný vzor výplně. Typická tloušťka vrstvy běžně RP systém je v rozmezí od 0,05 mm do 0,15 mm. Tento proces se tvoří v softwaru (slicer), který je vyvinut konkrétně pro tyto aplikace. [26]



Obrázek 26 - Proces řezání vrstev [39]

4.2 PROCESING (BUDOVÁNÍ)

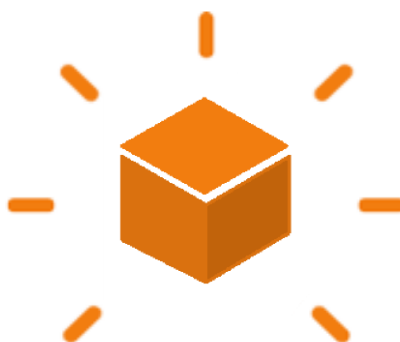
Z tzv. sliceru se vygeneruje G-kód, což jsou data, jež jsou definovány jako pozice v kartézských souřadnicích (X, Y a Z). Tento G-kód se nahraje do samotné tiskárny buď přímo přes PC (nedoporučuji – v případě vypnutí PC nebo nějakému náhlému odpojení se tisk přeruší a nejde v něm již navázat) nebo rozumnější varianta je použít SD kartu která se vloží přímo do tiskárny. Délka samotného tisku se odvíjí od velikosti a složitosti modelu, jež chceme vytisknout. Tento proces může trvat hodinu nebo i více jako jeden den. Musíme vždy počítat i s energetickou náročností v závislosti na odběru elektřiny. [26]



Obrázek 27 - FDM tiskárna [39]

4.3 POSTPROCESING (DOKONČOVÁNÍ PROCESU)

Jakmile byla vytvořena poslední vrstva na dílu, musí prototyp podstoupit některé post procesní procesy, jako je odstranění podpory, čištění, odstraňování nerovností. Post-processing je zaměřen na čištění a posílení vytisknuté části. Dodatečné postupy povrchové úpravy, jako je broušení, pískování, malba nebo dokonce i galvanické pokovování se obvykle používá pro kosmetické prototypy. [26]



Obrázek 28 - Vytištěný hotový model

;

5. VYUŽITÍ 3D TISKU V TZB

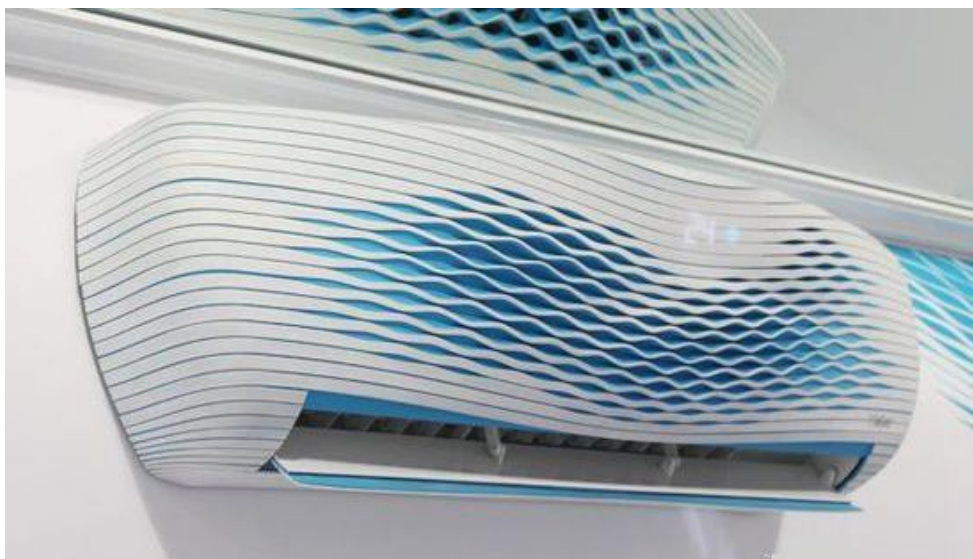
Již dávno se trojrozměrný tisk zdál být vedlejším produktem filmu sci-fi, ale od konce osmdesátých let používají společnosti tiskárny 3D, aby dodávali rychlý, cenově dostupný a přesný produktový prototyp. Uvedený jako "rychlé prototypování" byl navržen tak, aby vyhověl průmyslovým potřebám firem v lékařském a dopravním průmyslu, ale brzy se rozšířil do odvětví automobilového průmyslu, letectví, spotřebního zboží a vzduchotechnického průmyslu. Při 3D tisku mohou firmy TZB dodat efektivnější, cenově dostupné a kreativní produkty ve srovnání s předchozími metodikami. [27]

5.1 KLIMATIZACE VYROBENÁ TECHNOLOGIÍ 3D TISKU

Skupina Haier je čínská nadnárodní společnost, která prodává spotřební elektroniku a domácí spotřebiče. V roce 2015 vyrobila plně funkční klimatizaci vyrobenou technologií 3D tisku. Haierův produkt je plně naprogramován a na rozdíl od ostatních 3D tištěných výrobků, které obvykle vyžadují určitou montáž, je třeba je nainstalovat. Dokonce má LCD displej, který je také 3D vytištěn. [28]

Vytvoření 3D tisku umožňuje přizpůsobení systému spotřebiteli. Lidé si mohou vybrat barvu, styl, výkon a struktury, které model přicházejí. K jeho designu lze přidat slova, fotografie a loga. To by spotřebitelům umožnilo přizpůsobit systém TZB místnímu dekoraci a stylu. [28]

Carrier, vlastněný mateřskou společností United Technologies, je světovou jedničkou v oblasti systémů TZB. Neustále inovuje nové způsoby dodávání klimatizačních, topných a chladírenských řešení. Zároveň společnost United Technologies pokračuje s pozoruhodnými investicemi do technologie 3D tisku. [28]



Obrázek 29 - První klimatizační jednotka vytištěná na 3D tiskárně [29]

5.2 VÝVOJ VÝMĚNÍKŮ TEPLA

Mnoho různých druhů výměníků tepla se používá ve vzduchotechnických a jiných průmyslových odvětvích; všechny jsou tvořeny komorami nebo kanály, kterými prochází vzduch, kapalina nebo plyn s různými teplotami, přičemž teploty každého kanálu naráží na druhou. Mohou být použity jak pro vytápění, tak pro chlazení. [30]

Vzhledem k tomu, že 3D tisk se skládá z mikroskopických vrstev, konstrukce výměníku tepla může obsahovat tenké stěny o tloušťce 200 mikrometrů, které jsou stále schopny odolat velkému množství tlaku. To činí jak lehčí, tak účinnější a může rozšířit rozsah materiálů, které mohou být použity pro výrobu výměníků tepla.

Většina výměníků tepla je vyrobena z kovu, protože kov je silný a velmi vodivý, což usnadňuje přenos tepla. Ale vodivost není jediným faktorem výměny tepla. Plocha také usnadňuje výměnu tepla a konstrukce, která je opatřena stěnami 200 mikrometrů, a větší poměr povrchu k objemu nemusí vyžadovat další přínos vodivosti. [30]

Na univerzitě v Marylandu v roce 2012, kdy vytvořili výměník tepla s použitím 3D tiskárny. Jejich prototyp byl vyroben z plastu, který způsobil, že tepelný výměník je lehčí a spolehlivější než tradiční výměníky tepla. [27]

Pro zlepšení svého návrhu v roce 2016 použil jiný výzkumný tým na univerzitě v Marylandu (ve spolupráci s 3-D Systems a Úřadem pro stavební technologie v oddělení energetiky) přímý kovový tisk, aby vytvořil "nekonvenční" tvary, které napomohly k lepší výměně tepla. [27]

Přestože je 3D tisk používán především pro výrobu komponentů TZB, mohl by být nakonec použit k výrobě kompletních jednotek, včetně větracích jednotek pro zpětné získávání tepla a klimatizačních jednotek. [27]

Vzhledem k tomu, že výměník tepla je vytištěn jako jedinečný kus s osvědčenými materiály, zajišťuje se jen velmi málo odpadního materiálu, což šetří peníze výrobcům a snižuje jejich ekologickou stopu. [31]

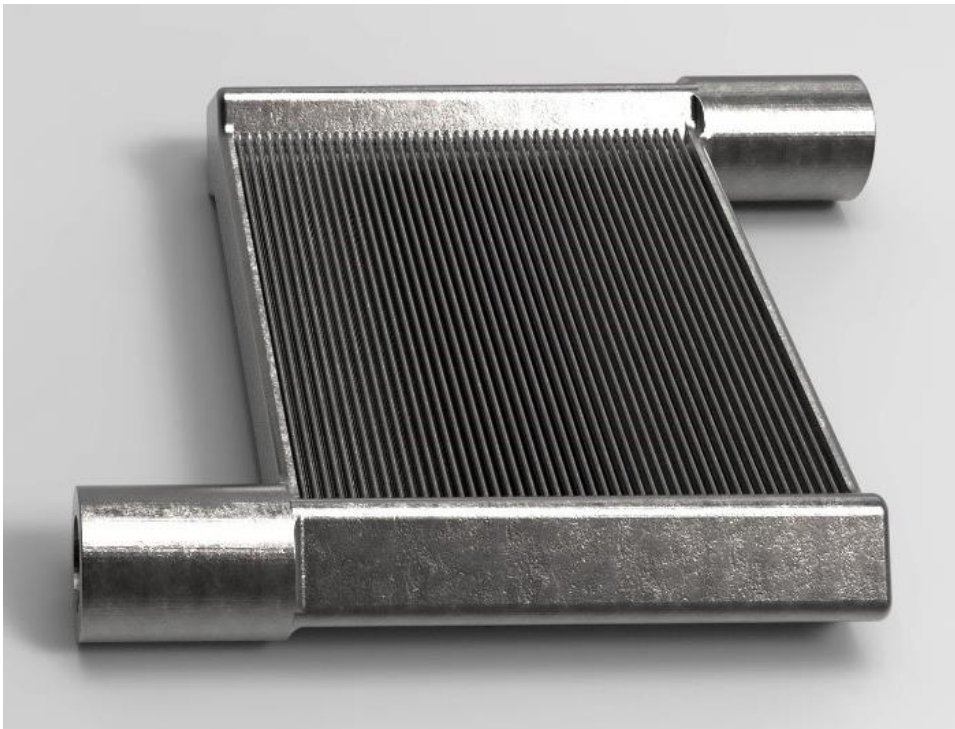
Jelikož je výměník tepla díky procesu tisku pevný kompaktní předmět bez švů, které by nemusely dostatečně těsnit, prodlužuje se životnost výměníku tepla, jakož i všech ostatních částí klimatizačního zařízení. Rovněž snižuje možnost znečištění. Znečištění nastává, když nějaký vnější materiál vytváří usazeniny v cestách výměníku tepla a naruší tok vzduchu nebo kapalin. Dále se eliminuje případný únik chladiva apod. [30]

Aplikace [31]

- Obytné a komerční klimatizační jednotky a systémy tepelných čerpadel

Výhody [31]

- 20% zvýšení účinnosti výměníku tepla
- Snížená hmotnost a velikost výměníku tepla
- 3D tisk umožňuje jedinečné, složité provedení není možné s jinými výrobními metodami



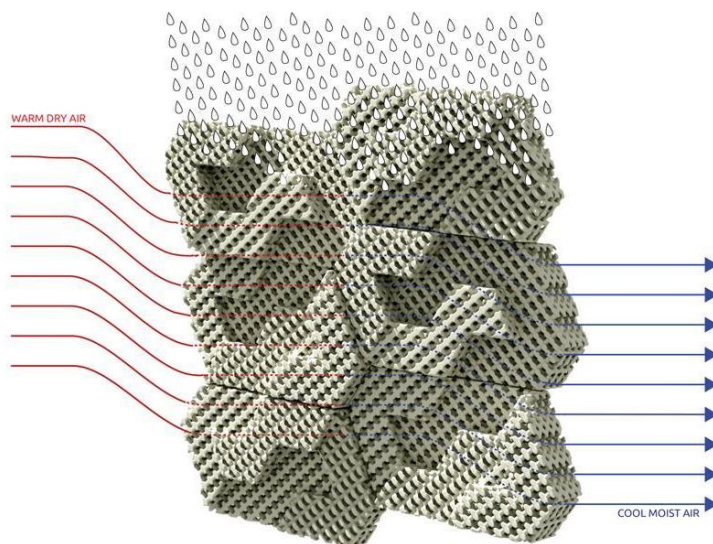
Obrázek 30 - Výměník tepla vytisknutý na 3D tiskárně [31]

5.3 COOL BRICKS (CHLADÍCÍ STĚNA)

Emerging Objects , společnost založená v Kalifornii, nedávno vyvinula Cool Brick , což je 3D vytištěný porézní blok z keramického materiálu. Materiál pohlcuje vodu jako houba a zároveň umožňuje volný průchod vzduchu. V podstatě se voda odpaří z pórů bloku a pak ochlazuje okolní vzduch. Tento systém ve skutečnosti není nový vynález, protože je založen na systému, který mnozí věří, že se datuje přes 3300 let. Nicméně, pomocí 3D tisku, Emerging Objects dokázal dokonalý systém a vylepšit starší návrhy. Spotřebitelé si mohou zakoupit mnoho bloků a uložit je do větší jednotky. Má potenciál nahradit elektrické klimatizační jednotky a lépe řídit teplotu v místnosti nebo domě na základě regulace průtoku vzduchu. To je slibný vývoj, který může být použitelný pro mnoho nastavení. [28]

Mohlo by to mít pozitivní dopad při aplikaci chladicí stěny v pouštním klimatu, kde teploty během dne mohou dosáhnout až 49 °C s téměř nulovou vlhkostí. Klimatizační systémy nemají žádné problémy s ochlazením těchto teplot, avšak obyvatelé zůstávají s chladným, suchým vzduchem. Mnohokrát je zapotřebí zvlhčovače, aby se vyrovnala suchost ve vzduchu. [32]

Cihly lze vložit do malty a vytvořit stěny prakticky jakékoliv velikosti. Když jsou tyto modulární blokové cihly sestaveny dohromady, vytvoří velkou kompaktní plochu. To by mohlo být řešením vysokých nákladů na elektrickou energii systémů klimatizace v těchto horkých, suchých klimatických podmínkách. Ozdobně vypadající chladicí cihlová zeď by mohla být postavena v domě, aby ochladila tento domov, a přitom přidávala do vzduchu ještě potřebnou vlhkost. [32]



Obrázek 31 - Princip chladicí stěny [32]

5.4 PRŮMYSLOVÉ VÝHODY

3D tisk má velký potenciál růstu v TZB, vzhledem k jeho všestrannosti a finančním výhod. Zde jsou některé způsoby, jak může průmysl TZB využít 3-D tisk: [27]

VYLEPŠENÍ PRODUKTŮ:

Tištěné části a komponenty mohou být vytvořeny na základě uživatele. Použití 3D tisku k návrhu a přizpůsobení výrobku, namísto spoléhání se na jedno řešení. [27]

VÍCE MOŽNOSTÍ PRODUKTU:

S 3D tiskem existuje nekonečné množství modifikací produktů. Rozměry komponentů mohou být navrženy s ohledem na specifičnost a lze měnit i hmotnost součástí za použití různých materiálů. Ocel a hliník jsou samozřejmostí v konstrukci TZB, ale plast je také dobrou volbou. [27]

RYCHLÝ PROTOTYPOVÝ OBRAT:

Zákazníci mohou mít větší zájem o podnikání se společností, která používá 3D tisk. Prototypy mohou být vytvořeny rychle, a to může ohromit potenciální zákazníky. [27]

PŘILÁKAT NOVÉ TALENTY:

3D tisk přitahuje do oboru nový typ experta TZB - konkrétně inženýrů, kteří chtějí navrhnout a vytvořit produkty TZB. [27]

3D tisk nabízí neuvěřitelný potenciál a pokud průmysl TZB využívá technologii, mohlo by dojít k velkým změnám v návrhu. [27]

5.5 ZHODNOCENÍ VYUŽITÍ V TZB

Použití 3D tisku v průmyslu TZB je stále v počátečních fázích. Bez ohledu na to, produkty vytisknuté na 3D tiskárně jsou vyráběny bez švů a s trvanlivějšími materiály. To by bylo přínosné pro průmysl vzduchotechniky a chlazení, protože 3D tiskové jednotky mohou potenciálně zabránit únikům a produkovat kvalitní a delší životnost systému. [28]



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

VYUŽITÍ 3D TISKU V TZB

USING 3D PRINTING IN HVAC

B. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Ondřej Malovaný

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. PAVEL UHER, Ph.D.

BRNO 2019

1. POPIS, PLÁN A CÍLE EXPERIMENTU

1.1 POPIS EXPERIMENTU

Experimentální část této diplomové práce se zabývá těsností a tlakovou odolností stěn zkušebních vzorků. Zkušební vzorky byly vytisknuty pomocí stolní FDM 3D tiskárny v konkrétních rozměrech s různými tloušťkami stěn vzorku. Všechny zkušební vzorky jsou vytištěny z jednoho konkrétního materiálu PETG. Podmět pro zrealizování tohoto experimentu vznikl v závislosti na vývoji nového typu výměníku pro systémy TZB s využitím 3D tisku, který probíhá na Ústavu TZB.

1.2 PLÁN EXPERIMENTU

V první fázi tohoto experimentu je proces modelování, samotná úvaha a tvorba zkušebního vzorku, který je posléze pomocí 3D tiskárny zhmotněn a připraven pro fázi měření. Celé měření bylo rozděleno do tří celků. Každý celek měření obsahoval pět stejných zkušebních vzorků se stejnou tloušťkou stěny. Z toho vyplývá, že jsou pro experiment připraveny tři varianty tloušťky stěny zkušebního vzorku. Měření probíhá za pomoci nožní pumpy či kompresoru, které jsou osazeny manometry, se bude zvyšovat tlak v měřeném vzorku do té doby, kdy vzorek praskne a zapíše se hodnota tlaku při porušení. V konečné fázi je na řadě zhodnocení celého měření s patřičným grafickým znázorněním a prostorem pro závěrečné zhodnocení experimentu.

1.3 CÍLE EXPERIMENTU

- Zjištění, do jaké míry při konkrétním způsobu tisku dokáže zkušební vzorek odolat tlakovému namáhání.
- Zhodnocení skutečnosti, zda je zkušební vzorek při konkrétním způsobu tisku těsný či nikoliv a případně hledání nového řešení.
- Porovnání tlakové odolnosti v závislosti na tloušťce stěny
- Zpracování výsledných naměřených dat

2. PŘÍPRAVA EXPERIMENTU

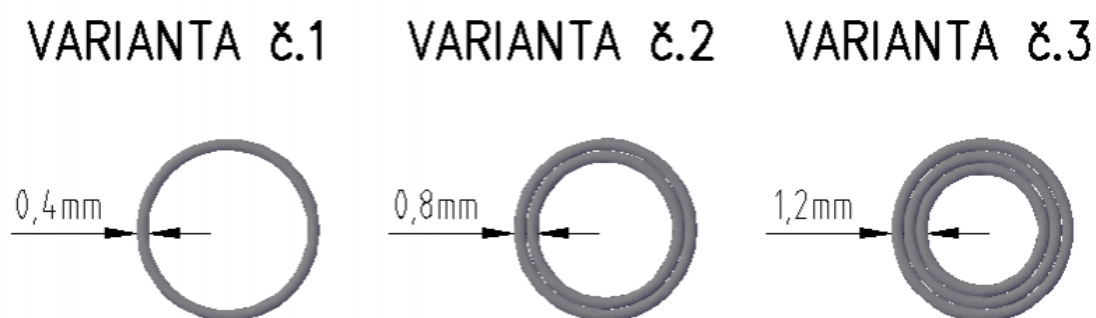
2.1 MODELOVÁNÍ A TISK ZKUŠEBNÍHO VZORKU

Správný návrh vzorku, kvalitní zpracování CAD modelu bez jakýchkoli geometrických chyb a správná aplikace metod při samotném 3D tisku, je hlavní prioritou tohoto experimentu pro relevantní výsledky těchto zkoušek.

2.1.1 PREPROCESSING

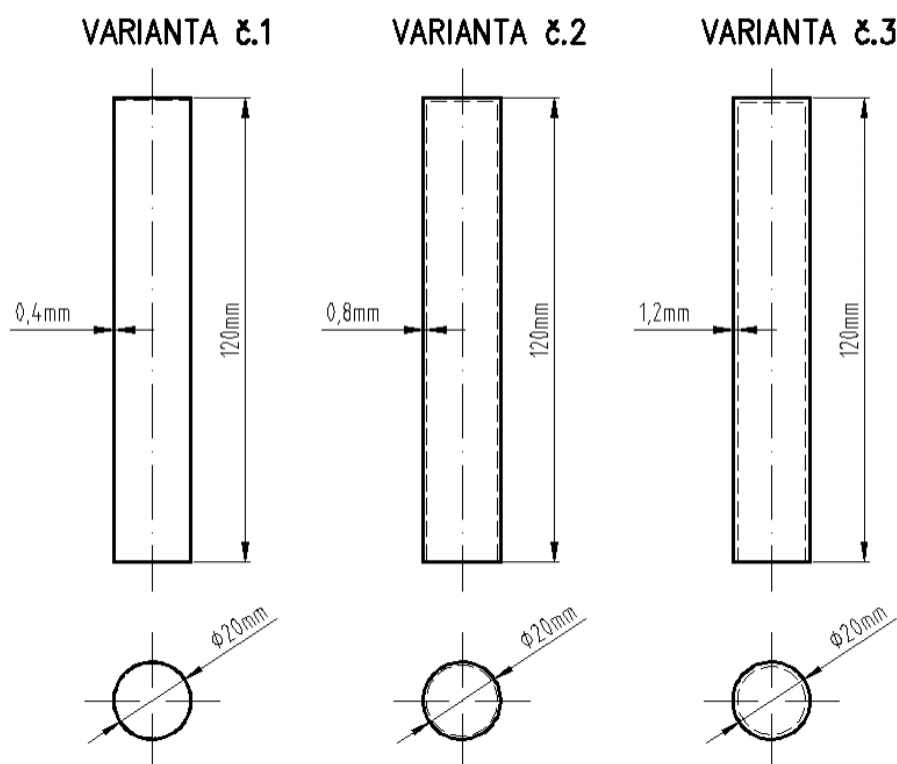
Finální rozměry zkušebních vzorků se volily s ohledem na rozměry samotné tiskárny, časovou náročnosti při procesu tisku a na cenu materiálu určeného pro tisk.

Tvar všech zkušebních vzorků byl stejný a jako to dutá trubka o délce 120 milimetrů a průměru 20 milimetru s jedním zaslepeným koncem. Tloušťky stěn zkušebních vzorků byly rozděleny do čtyř variant. První variantou je tloušťka stěny 0,4 mm což je šířka jednoho prstence při tisku jedné vrstvy zkušebního vzorku. Každá varianta má tloušťku stěny jako násobek 0,4 mm. Tedy druhá varianta má tloušťku stěny 0,8 mm což odpovídá dvěma prstencům tisknutého materiálu. Třetí varianta má tloušťku stěny 1,2 mm což odpovídá třem prstencům tisknutého materiálu. Čtvrtá varianta je tloušťkou stěny identická jako první varianta jen s tím rozdílem že vrstvení jednotlivých vrstev při procesu tisku není tzv. klasický postup (kladení vrstva po vrstvě), ale zkušební vzorek je tvořen nepřetržitým spirálovým pohybem. Tloušťky stěn v závislosti na různých variantách mají vnější rozměr povrchu stále stejný a tloušťka stěny „roste“ směrem dovnitř. Tento přírůstek materiálu směrem dovnitř je záměrně takto koncipován, protože na zkušební vzorky bude nasazován nátrubek, který díky konstantnímu vnitřnímu rozměru bude moci být osazen na každou variantu nezávisle na tloušťce stěny.

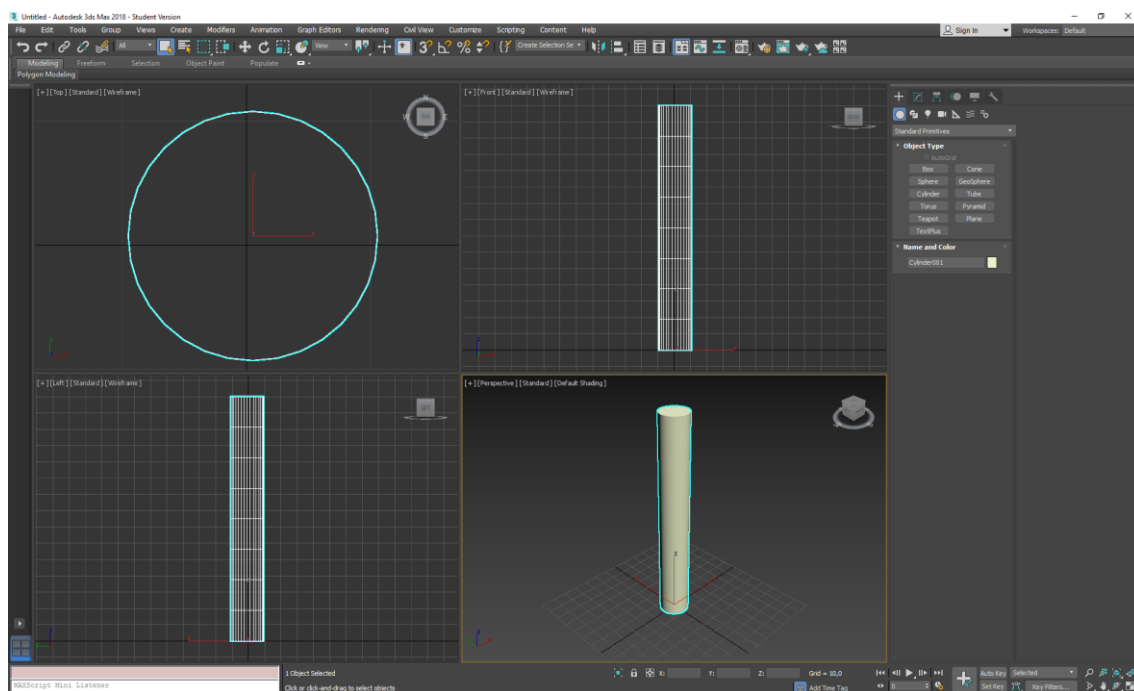


Obrázek 32 - Způsob vrstvení tloušťky stěny

Obrázek 33 - Výchozí 2D návrh zkušebních vzorku



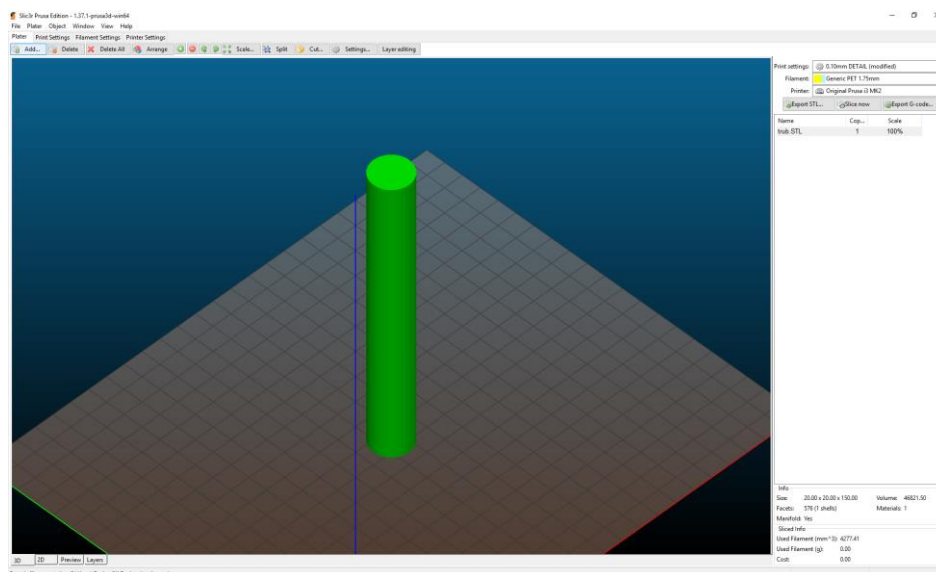
Ve 3D grafické program jsme vymodelovali příslušné zkušební vzorky dle 2D podkladu dle požadovaných variant.



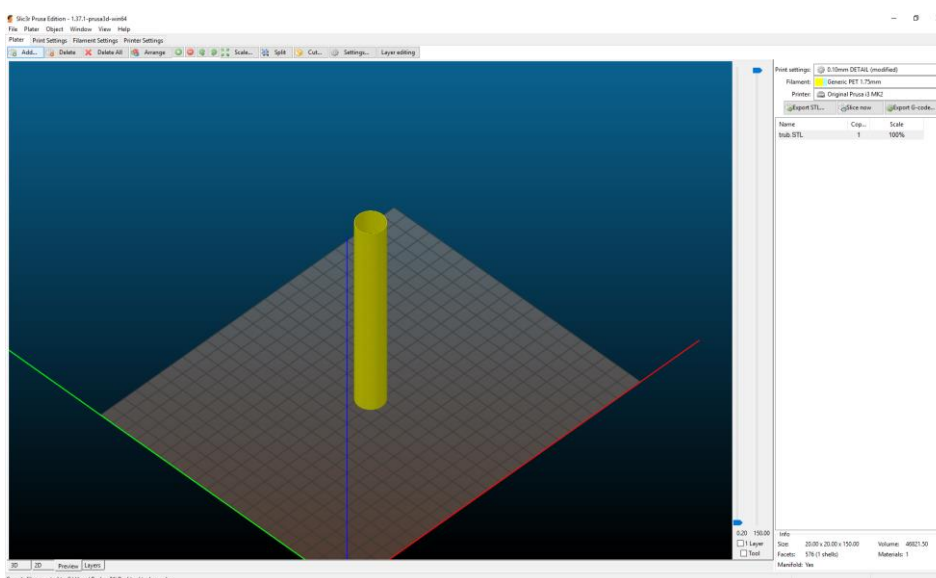
Obrázek 34 - CAD model 3D zkušebního vzorku

Vytvořený CAD model ideálně povrchově uzavřených bez jakýchkoli děr, mezer a trhlin. CAD soubor je pak přeložen do triangulace tessellated STL formát, což je standardní formát pro 3D tisk.

STL formát je otevřen v softwaru Slic3r pro tzv. rozřezání CAD modelu na tenké vrstvy o tloušťce 0,1 mm. V tomto programu jsou nastaveny všechny zbývající parametry pro finální tisk. Pro urychlení tisku se před vygenerování G-kódu tyto zkušební vzorky se u varianty č.1 -č. 3 znásobí počet na 6 kusů. U varianty č.4 se musí každý zkušební vzorek vytisknout samostatně. Z toho vyplývá, že budeme mít k dispozici pro provedení experimentu vždy jeden pokusný vzorek, pět měřených vzorků kromě varianty č. 4, kde jich bude pouze pět kusů.



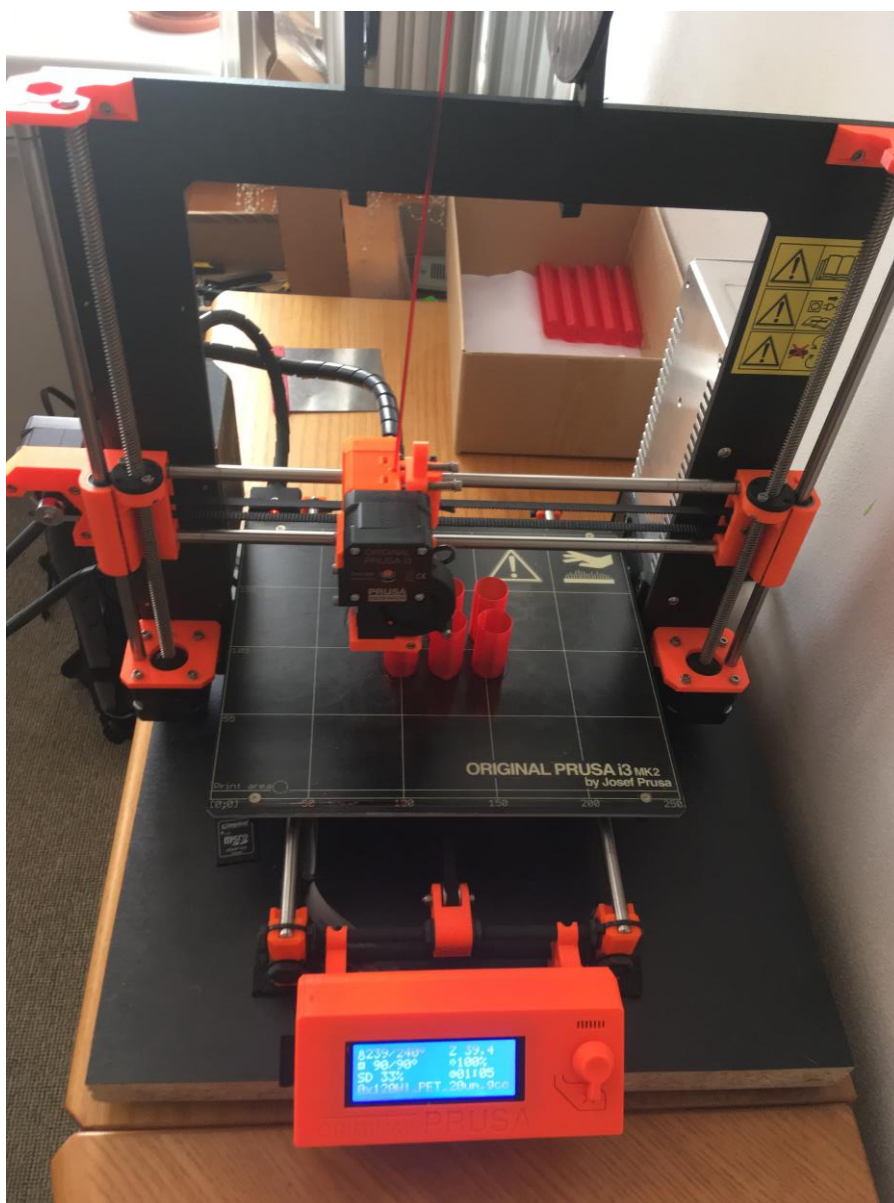
Obrázek 35 - Prostředí programu Slic3r



Obrázek 36 – Finální vzhled tisknutého vzorku

2.1.2 PROCESING

Z programu Slic3r jsme vygenerovali G-kód, který v sobě nese přesné souřadnice v osách X, Y a Z vrstvu po vrstvě. Tento kód je přenesen na SD kartu, která je vložena do 3D Tiskárny. V našem případě jde o stolní FMD tiskárnu z vývojové větve RepRap od českého vývojáře Josefa Průši Original Prusa i3 MK2. Tato tiskárna před započetím samotného tisku musí projít kalibrací pro správnou orientaci os vyhřívané položky a tiskové hlavy.



Obrázek 37 - Proces tisku na 3D tiskárně

2.1.3 POSTPROCESSING

Po vytisknutí všech měřených vzorků jsou pečlivě označeny pro zabránění záměny.

Varianta 1 tl. 0,4 mm	Varianta 2 tl. 0,8 mm	Varianta 3 tl. 1,2 mm	Varianta 4 tl. 0,4 mm
1A - 1F	2A - 2F	3A - 3F	SA - SE

Tabulka 2 - Popis měřených vzorků



Obrázek 38 - Vytisklé a pospané vzorky

Bylo zapotřebí dále vytisknout potřebný počet nátrubků, které se po vytisknutí spojily pomocí lepidla a tavné pistole se zkušebními vzorky.

**MĚŘENÝ
VZOREK**



NÁTRUBEK

Obrázek 39 - Měřený vzorek a nátrubek

Propojení měřícího vzorku byla použita 150 mm dlouhá zahradní hadice průměru 13 mm. Na tuto hadici byl připojen pomocí lepidla, montex pásky a malé redukce, jež byla vytisknuta taktéž na 3D tiskárně, ventilek z cyklistické duše.



Obrázek 40 - Komponenty pro tlakovou zkoušku



Obrázek 41 - Vzorek připraven na tlakovou zkoušku

2.2 POUŽITÉ MĚŘICÍ PROSTŘEDKY

2.2.1 KOMPRESOR GÜDE 50089 Airpower 190/8/6



Popis produktu

Bezolejový 1 - válec pístového kompresoru s řemenovým pohonem 6 litr

Specifikace:

- Připojení / frekvence: 230 V ~ 50 Hz
- Max. výkon: 1,1 kW / 1,5 hp (25%) S3
- Otáčky motoru: 3400 min⁻¹
- Sací výkon: 190 l / min.
- Výstup: 145 l / min.
- Max. tlak: 8 bar
- Kapacita: 6 l
- Hluk Hodnota: 97 dB

2.2.2 JEDNOPÍSTOVÁ NOŽNÍ PUMPA S DIGITÁLNÍM MANOMETREM MICHELIN 92420

Nožní jednopístová pumpa s digitálním manometrem od firmy Michelin. Nastavení hodnot v PSI, BAR a kPa. Vysoká přesnost měřených hodnot ($\pm 0,07$ bar).



Obrázek 42 - Jednopístová nožní pumpa [33]

2.3 POUŽITÉ MATERIÁLY

PETG – POLYETHYLENE TEREPHTHALATE GLYCOL



Obrázek 43 - Filament 1,75 PETG - transparentní červená 1 kg [34]

PETG je velmi houževnatý materiál s dobrou tepelnou odolností. PETG má univerzální využití, ale je zejména vhodný pro tisk mechanických částí. Je možné jej použít jak uvnitř, tak i ve venkovním prostředí. PETG má velmi malou tepelnou roztažnost, na podložce se tedy nekrouť, a tudíž není problém s tiskem velkých modelů. Díly na naše tiskárny jsou tištěny právě z PETG! PETG je jedním z našich oblíbených materiálů pro 3D tisk. Tisknout s ním je téměř stejně snadné jako s PLA, ale na rozdíl od PLA může nabídnout mnoho lepších mechanických vlastností. Písmeno G v zkratce PETG označuje glykol, který se přidává během výrobního procesu. Glykol modifikuje vlastnosti PET, aby byl méně křehký, snadnější pro tisk a více průhledný při tisku s poloprůhlednými variantami. PETG má nízkou tepelnou roztažnost, takže i při tisku velkých modelů se zřídka kdy zkroutí a odlepí od vyhřívané podložky. PETG je navíc houževnatý, tak akorát pružný a díky tomu se při namáhání často jen dočasně prohne, což zabrání prasknutí. [9]

Materiál je specifický svými vlastnostmi a vhodností jeho použití. Důležité materiálové charakteristiky z hlediska tisknutelnosti jsou:

- teplota tavení T_m ,
- teplota skelného přechodu T_g ,
- koeficient lineární roztažnosti α_L .

Materiál	Teplota tavení T_m [°C]	Skelný přechod T_g [°C]	Pevnost v tahu [MPa]	Pevnost v ohybu [MPa]	Koeficient lineární roztažnosti α_L [$10^{-6} \cdot K^{-1}$]
PETG	140-280	81	53	77	68

Tabulka 3 - Materiálové vlastnosti PETG [35]

3. PRŮBĚH A VYHODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH EXPERIMENTŮ

3.1 VARIANTA č.1

Ve variantě č.1 jsme měřili zkušební vzorky pomocí jednopístové nožní pumpy. Měřený vzorek byl umístěn ve skleněné nádobě plné vody pro pohlcení energie při prasknutí vzorku. Máme k dispozici šest vzorků dané varianty, z toho bude zvolen tzv. zkušební vzorek, který jsme volili takový, co se nejvíce liší od ostatních výsledků měření pro eliminaci potencionální chyby. Tudíž máme k dispozici pět vzorků.



Obrázek 44 - Průběh experimentu varianta č.1

První problém nastal v zásadní netěsnosti měřeného vzorku. V místě ukončení konkrétní vrstvy při 3D tisku vzniká nedokonalý spoj, který je netěsný. Tento problém jsme eliminovali pomocí tavné pistole a lepidla, kdy jsme veškeré netěsnosti zalepili.

3.1.1 VÝSLEDKY VARIANTY č.1



Obrázek 45 - Výsledek měření Varianty č.1

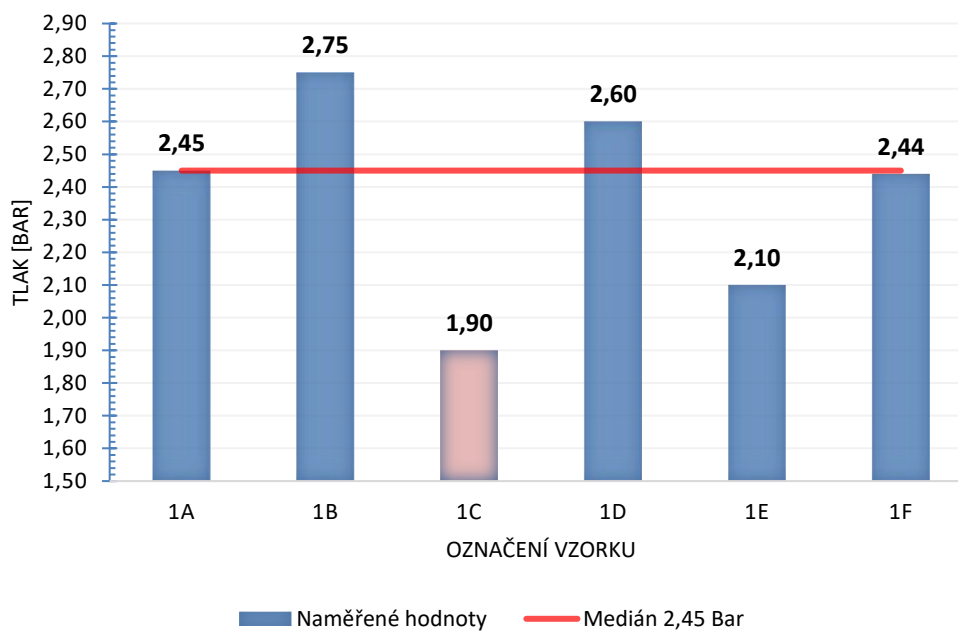
Tabulka 4 - Výsledky měření Varianty č.1

Označení vzorku	1A	1B	1C	1D	1E	1F
Tlak při porušení [Bar]	2,45	2,75	1,90	2,60	2,10	2,44

Medián : **2,45** Bar

Zkušební vzorek : **1C**

VARIANTA Č.1



Graf 1 - Vyhodnocení Varianty č.1

Zkušební vzorek jsme zvolili kus s označením **1C**.

Výsledná únosnost při tlakovém namáhání zkušebního vzorku Varianty č.1 je výsledná hodnota **2,45 Baru**.

Bohužel při první sadě měřených vzorku praskla skleněná nádoba s vodou. Z tohoto důvodu se pokus přesunul do plechového dřezu.



Obrázek 46 - Rozbitá skleněná nádoba

3.2 VARIANTA č.2

Ve variantě č.2 jsme měřili zkušební vzorky pomocí kompresoru, protože nožní pumpa již nedokázala vyvinout patřičný tlak pro porušení vzorku. Měřený vzorek byl umístěn do ocelového dřezu plného vody pro pohlcení energie při prasknutí vzorku. Máme k dispozici šest vzorků dané varianty, z toho bude zvolen tzv. zkušební vzorek, který jsme volili takový, co se nejvíce liší od ostatních výsledků měření pro eliminaci potencionální chyby. Tudíž máme k dispozici pět vzorků.



Obrázek 47 - Průběh experimentu varianta č.2

I ve variantě č. 2 kdy je stěna dvojnásobně tlustá, jsme se opět potýkali s dosti značnou netěsností vzorku ve spoji válce. Díky kompresoru, který byl schopen zvyšovat v měřeném vzorku i při úniku vzduchu netěsnostmi tlak, tak jsme mohli pokračovat v experimentu bez utěsnění vzorků.

3.2.1 VÝSLEDKY VARIANTY č.2



Obrázek 48 - Výsledek měření Varianty č.2

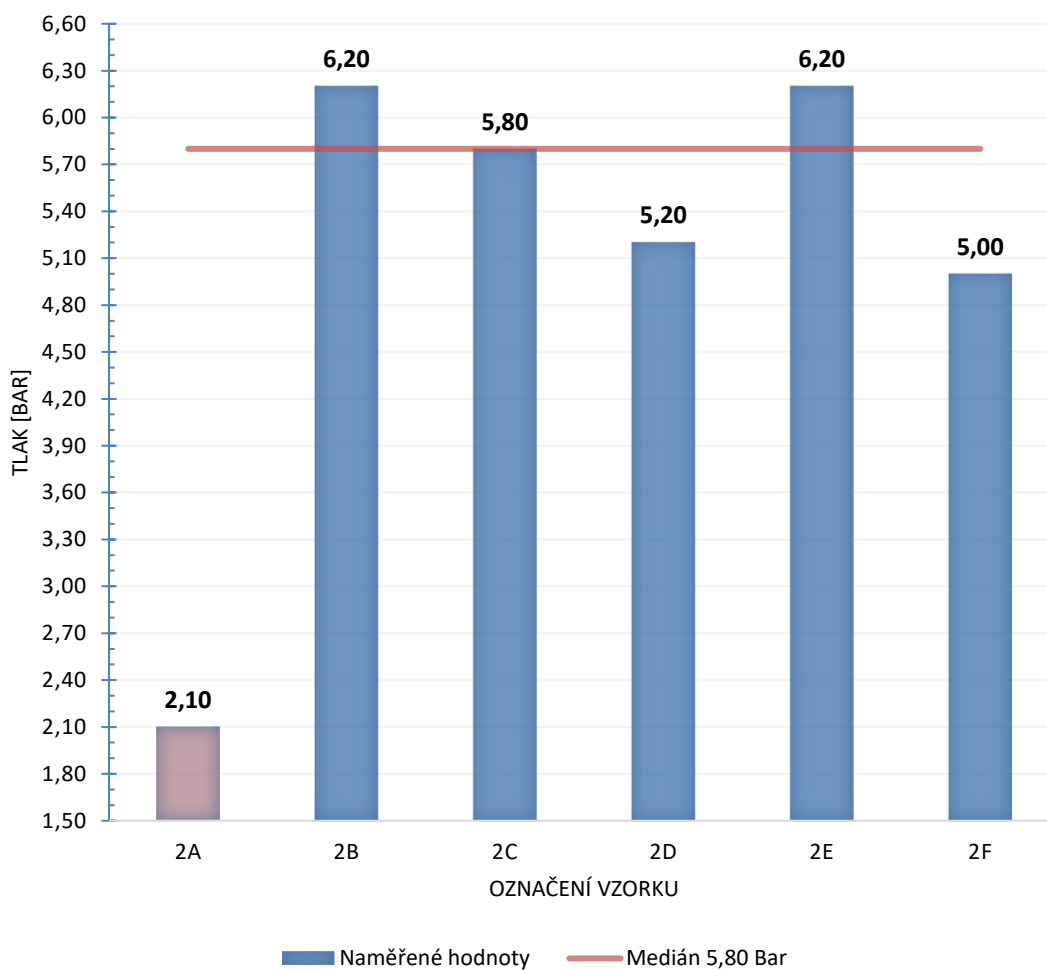
Tabulka 5 - Výsledky měření Varianty č.2

Označení vzorku	1A	1B	1C	1D	1E	1F
Tlak při porušení [Bar]	2,10	6,20	5,80	5,20	6,20	5,00

Medián : **5,80** Bar

Zkušební vzorek : **1A**

VARIANTA Č.2



Graf 2 - Vyhodnocení Varianty č.2

Zkušební vzorek jsme zvolili kus s označením **2A**.

Výsledná únosnost při tlakovém namáhání zkušebního vzorku Varianty č.2 je výsledná hodnota **5,80 Baru**.

3.3 VARIANTA č.3

Ve variantě č.3 jsme měřili zkušební vzorky pomocí kompresoru. Měřený vzorek byl umístěn do ocelového dřezu plného vody pro pohlcení energie při prasknutí vzorku. Máme k dispozici šest vzorků dané varianty, z toho bude zvolen tzv. zkušební vzorek, který jsme volili takový, co se nejvíce liší od ostatních výsledků měření pro eliminaci potencionální chyby. Tudíž máme k dispozici pět vzorků.



Obrázek 49 - Průběh experimentu varianta č.3

I ve variantě č. 3 kdy stěna je trojnásobně tlustá jsme se opět potýkali s dosti značnou netěsností vzorku ve spoji válce. Narazili jsme na problém, který značně ovlivnil náš pokos a to, že jsme ani kompresorem nedokázali vyvinout dostatečný tlak na to, abychom dokázali prasknout vzorek. Kompresor dle specifikace dokáže vyvinout maximální tlak pouze 8 barů. Praskl pouze jeden vzorek z šesti kusů. U ostatních vzorků došlo vždy ke zvýšení netěsností, a to v oblasti spoje nátrubku a zkušebního vzorku.

3.3.1 VÝSLEDKY VARIANTY č.3



Obrázek 50 - Výsledek měření Varianty č.3

Tabulka 6 - Výsledky měření Varianty č.3

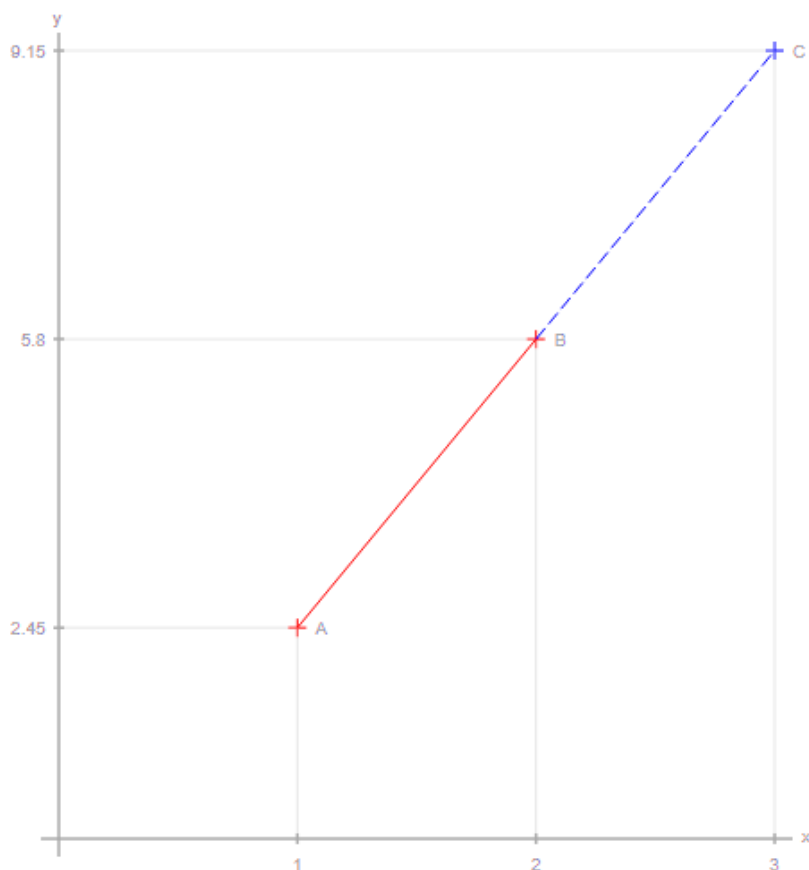
Označení vzorku	3A	3B	3C	3D	3E	3F
Tlak při porušení [Bar]	> 8,0	> 8,0	> 8,0	> 8,0	7,60	> 8,0

Medián : > 8,0 Bar

Zkušební vzorek : 3E

Jelikož jsme nedokázali vnést do zkušebních vzorků patřičný tlak, aby vzore praskl nebylo možné tedy měřením vyhodnotit variantu č.3 jako varianty předchozí.

Vyjdeme-li z výsledných hodnot předchozích variant, jsme schopni tyto dvě hodnoty proložit přímkou a tím dostaneme přibližnou hodnotu, které se bude správný výsledek blížit.



Graf 3 - Vyhodnocení Varianty č.3 [36]

Zkušební vzorek jsme zvolili kus s označením **3E**.

Teoretická únosnost při tlakovém namáhání zkušebního vzorku Varianty č.3 je výsledná hodnota **9,15 Baru**.

3.4 VARIANTA č.4

Ve variantě č.4 jsme měřili zkušební vzorky pomocí nožní pumpy. Měřený vzorek byl umístěn do ocelového dřezu plného vody pro pohlčení energie připrásknutí vzorku. Máme k dispozici pouze pět vzorku dané varianty



Obrázek 51 - Průběh experimentu varianta č.4

Tyto zkušební vzorky, které byly tvořeny spirálním způsobem výstavby stěn, jsou z hlediska těsnosti nejlepším řešením tohoto experimentu.

3.4.1 VÝSLEDKY VARIANTY č.4



Obrázek 52 - Výsledek měření Varianty č.4

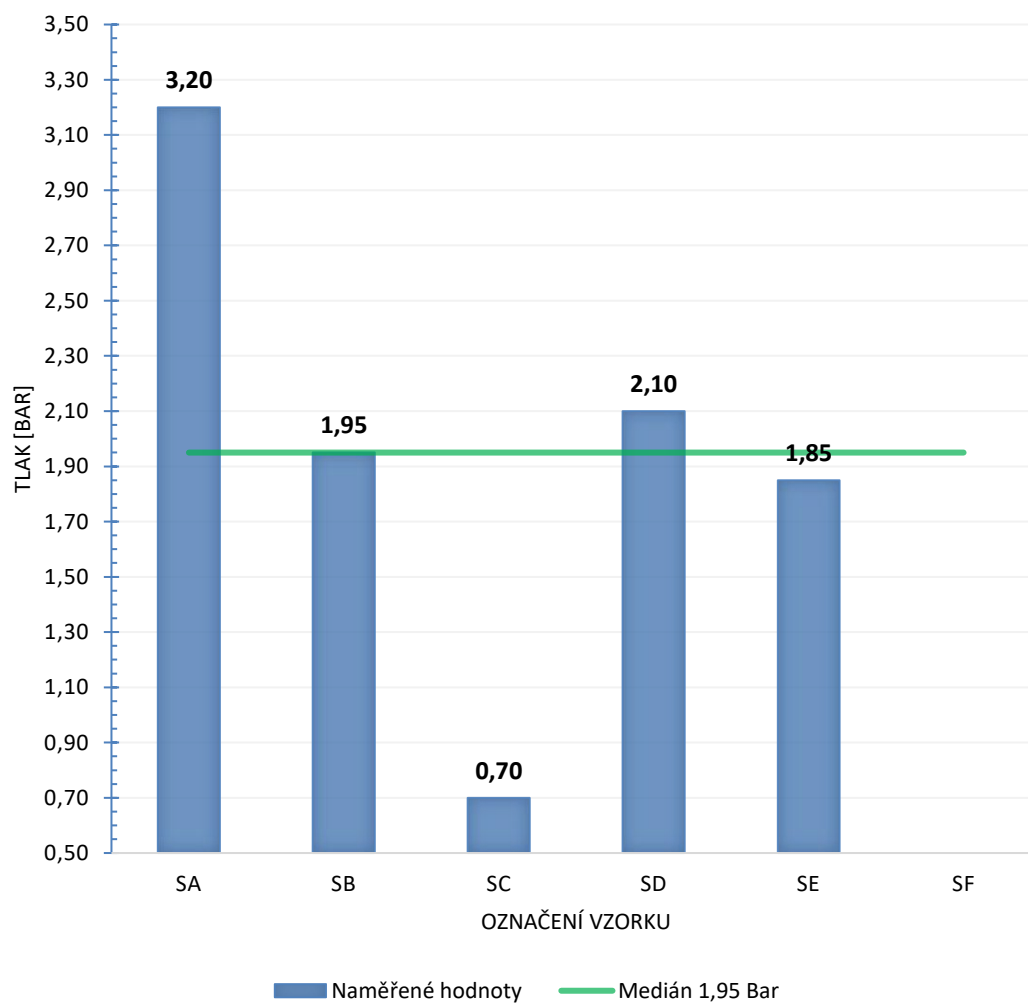
Tabulka 7 - Výsledky měření Varianty č.4

Označení vzorku	SA	SB	SC	SD	SE	SF
Tlak při porušení [Bar]	3,20	1,95	0,70	2,10	1,85	-

Medián : **1,95** Bar

Zkušební vzorek : **1F**

VARIANTA Č.4



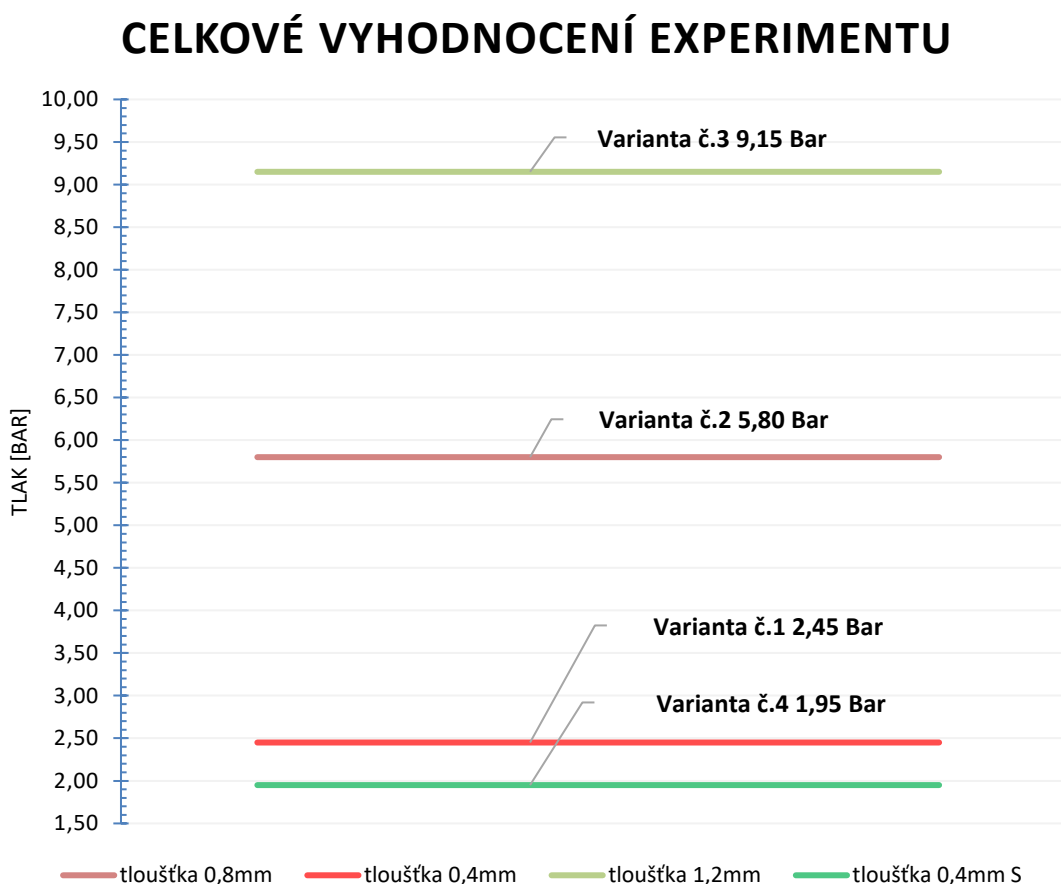
Graf 4 - Vyhodnocení Varianty č.4

Výsledná únosnost při tlakovém namáhání zkušebního vzorku Varianty č.2 je výsledná hodnota **1,95 Baru**.

4. CELKOVÉ VYHODNOCENÍ EXPERIMENTU

V celkovém hodnocení všech zkoušených vzorků byly podle očekávání nejslabšími články testovací vzorky s tloušťkou stěny 0,4 mm, lépe na to byly testovací vzorky s tloušťkou stěny 0,8 mm a nejlépe na tom byly vzorky s tloušťkou stěny 1,2 mm. U varianty č.3, což je vzorek s tloušťkou stěny 1,2 mm bohužel nebylo docíleno výsledné hodnoty na základě naměřených hodnot, ale tato hodnota byla matematicky odvozena podle průběhu měření variant č.1 a č.2.

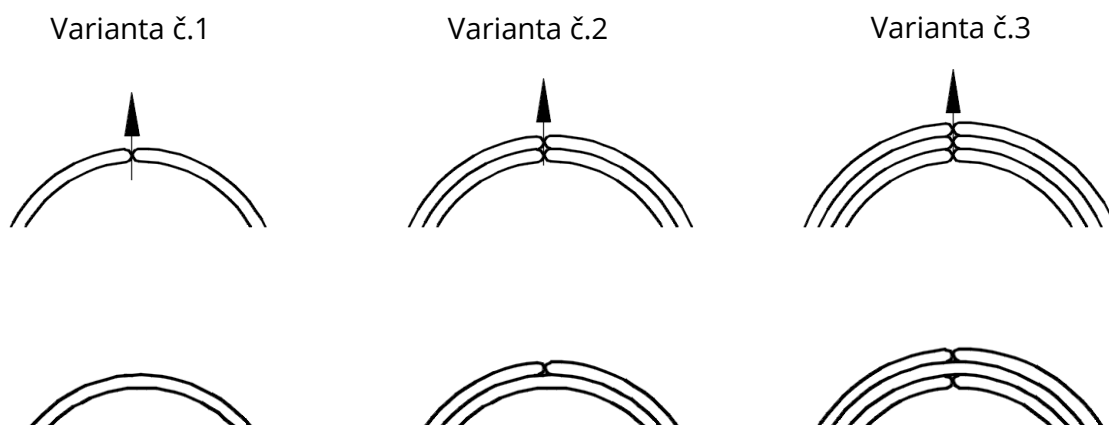
K porušení zkušebního vzorku vždy došlo v místě zaslepení daného vzorku. Z toho vyplývá, že zde v přechodu z horizontálního víka na vertikální stěnu, 3D tiskárna nedokáže vytvořit dostatečně pevný spoj (přechod), který by tento tlak udržel. V případě, že by bylo měření provedeno jiným způsobem, kdy bude tlakové namáhání působit pouze na stěnu vzorku, byla by odolnost značně vyšší.



Graf 5 - Celkové vyhodnocení experimentu

V téměř všech případech, kromě vzorků, kdy byly jednotlivé vrstvy kladeny spirálovým způsobem, byly zkušební vzorky vysoce netěsné.

U varianty č.1 to bohužel nejde vyřešit jinou volbou střídání ukončení vrstvy. V tomto případě se dá jediné aplikovat systém spirálního kladení jako je u varianty č.4. U varianty č.2 a č.3 jde tento defekt odstranit tím, že se každý prstenec při kladení jednotlivých vrstev ukončí v jiné poloze než ten předním. Viz obrázek 22.



Obrázek 53 - Řešení problémů s netěsností vzorku

Závěrem tohoto experimentu musím říci, mě výsledná pevnost měřených vzorků mile překvapila. Nečekal jsem, že ani osmi bary nedokážeme prasknout vzorek o tloušťce stěny pouhých 1,2mm.

Věřím, že při použití vhodných metod a postupů můžeme dokázat výrobky vysoké tlakové odolnosti vůči stěnám výrobku i se slušnými těsníci vlastnostmi.



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

VYUŽITÍ 3D TISKU V TZB

USING 3D PRINTING IN HVAC

C. PROJEKTOVÁ ČÁST

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Ondřej Malovaný

VEDOUCÍ PRÁCE

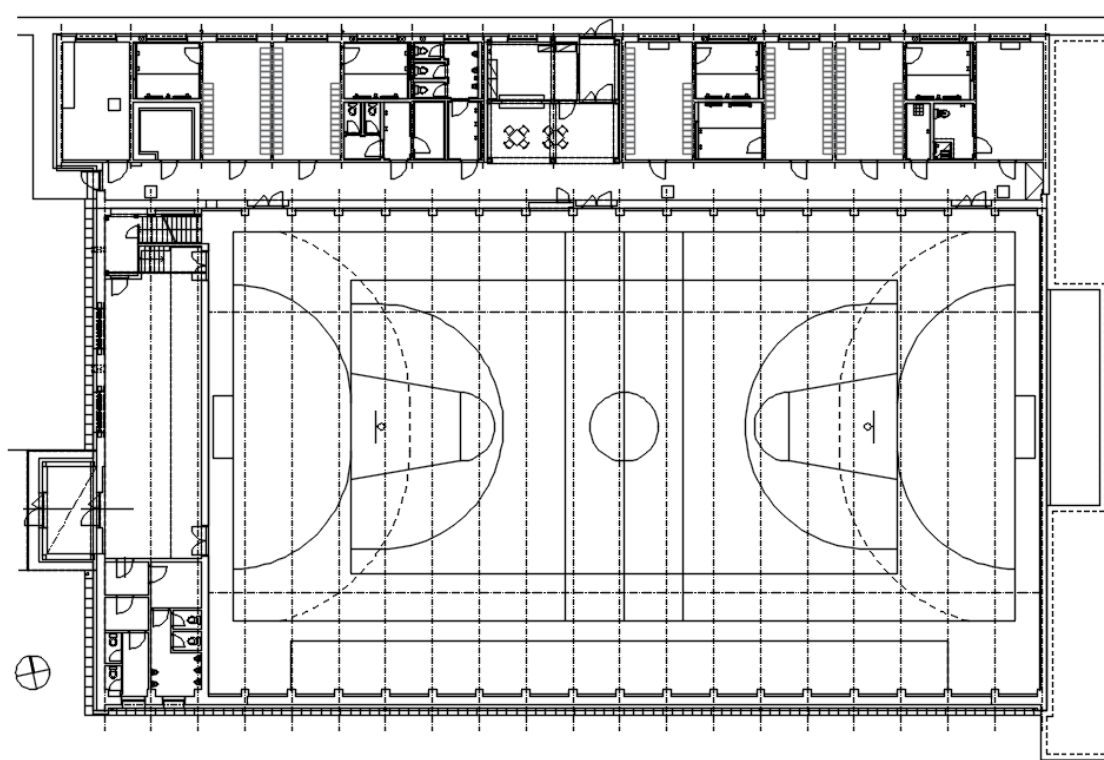
SUPERVISOR

Ing. PAVEL UHER, Ph.D.

BRNO 2019

1. ANALÝZA OBJEKTU

1.1 POPIS OBJEKTU



Obrázek 54 - Půdorys objektu

Jedná se o stavbu jejíž funkce je primárně určena pro sportovní aktivity. Tento objekt je umístěn ve městě Vsetín. Budova disponuje hrací plochou, zázemím pro sportovce (šatny, umývárny a WC) a malým sportovním klubem. V tomto projektu je řešena pouze vzduchotechnika hrací plochy a zázemí pro sportovce. Jde konkrétně o pět šaten hráčů, jednu šatnu rozhodčích, pánské a dámské toalety a hrací plochu. Každá šatna má svou vlastní umyvárnu. Vstup do sportovní haly je situován na sever.

1.2 KONSTRUKČNÍ SYSTÉM

Konstrukční systém budovy je z části zděný a zbytek je dřevěná konstrukce z lepených trámů zateplená izolací z minerální vaty. Výška stropu na hrací ploše dosahuje v nejvyšším bodě spodní hrany dřevěného vazníku výšky 8,95m. V zázemí pro sportovce jsou světlá výška 2,55m a pouze na chodbě je světlá výška 2,65m.

V zázemí pro sportovce je v řešení pouze větrání prostor šaten s přílehlými umývárny a odvod odpadního vzduchu z toalet. Pouze v prostoru hrací plochy budeme řešit jak pokrytí tepelné ztráty, tak tepelné zátěže.

1.3 ROZDĚLENÍ NA FUNKČNÍ CELKY

Z hlediska návrhu vzduchotechnického zařízení je zde nutno rozdělit toto námi řešené sportoviště do pěti samostatně fungujících celků.

Prvním celkem je levá část chodby a šatny hráčů č.5 a č.6. Tyto šatny jsou využívány nejčastěji při standartním provozu sportovní haly.

Tento celek bude řešen vzduchotechnickým zařízením č. 1.

Druhým celkem jsou toalety pro ženy.

Tento celek bude řešen vzduchotechnickým zařízením č. 2.

Třetím celkem jsou toalety pro muže.

Tento celek bude řešen vzduchotechnickým zařízením č. 3.

Čtvrtým celkem je pravá část chodby a šatny hráčů č.1–4. Tyto šatny jsou využívány převážně při sportovních utkáních nebo při velkém počtu cvičících.

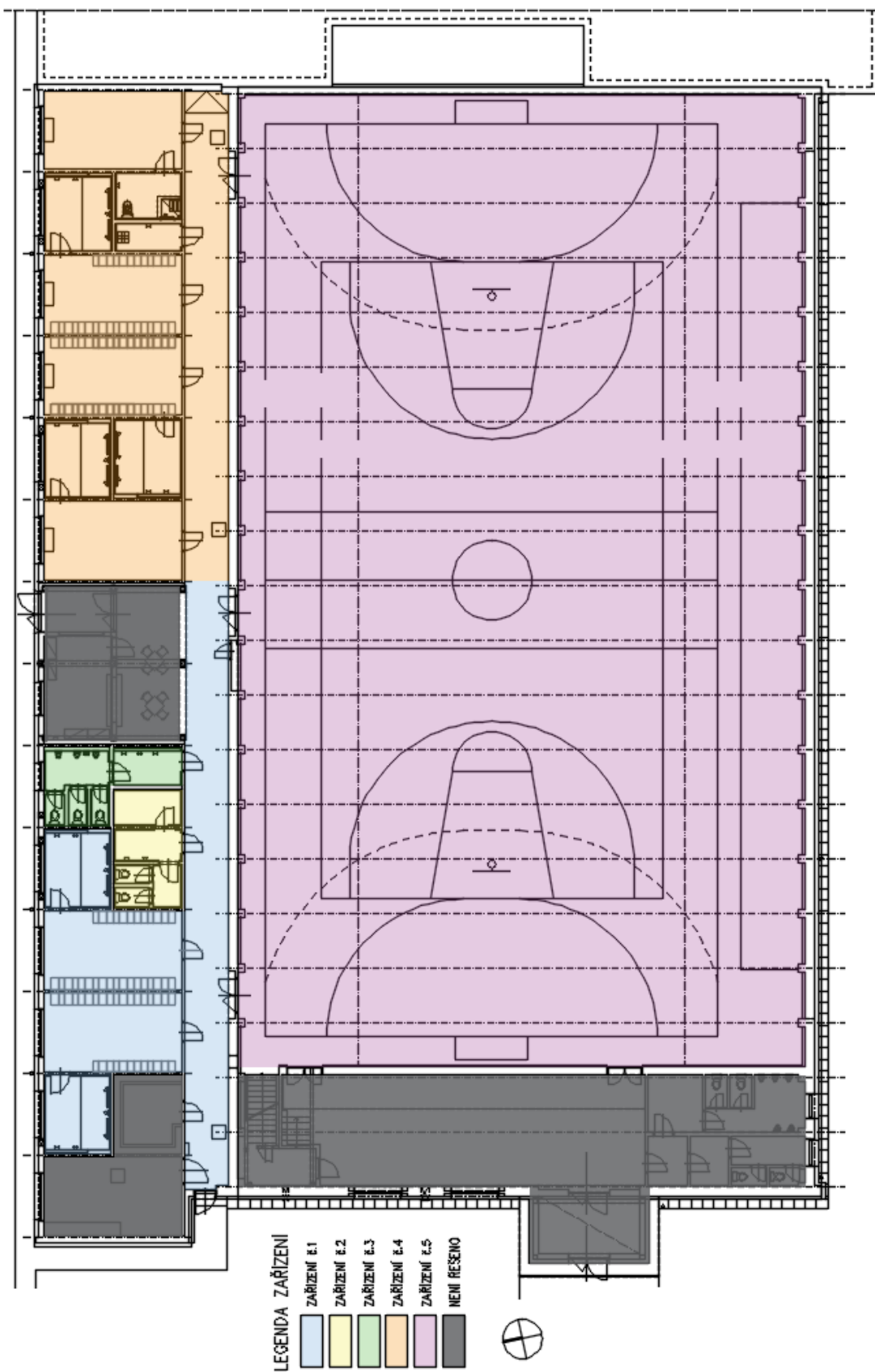
Tento celek bude řešen vzduchotechnickým zařízením č. 4.

Pátým celkem je hrací plocha.

Tento celek bude řešen vzduchotechnickým zařízením č. 5.

OZN.	NÁZEV MÍSTNOSTI	m ²	m ³
Zařízení č.1 - Chodba a šatny č.5 - č.6			
1.03	Chodba - levá strana	74,8	194,4
1.23	Šatna č.5 - hráči	21,0	53,6
1.24	Umyvárna a Sprchy - Hráči	10,0	25,5
1.25	Šatna č.6 - hráči	21,0	53,6
1.26	Umyvárna + Sprchy - Hráči	10,0	25,5
Zařízení č.2 - WC Ženy			
1.18	Sklad čisticích prostředků	4,8	12,8
1.19	WC Ženy - předsíň	4,5	12,0
1.20	WC Ženy - předsíň	2,6	6,6
1.21	WC Ženy	1,4	3,6
1.22	WC Ženy	1,4	3,6
Zařízení č.3 - WC Žmuži			
1.13	WC Muži - předsíň	5,3	14,1
1.14	WC Muži - pisoáry	5,0	13,3
1.15	WC Muži	1,4	3,6
1.16	WC Muži	1,4	3,6
1.17	WC Muži	1,2	3,1
Zařízení č.4 - Chodba a šatny č.1 - č.4			
1.03	Chodba - pravá strana	51,8	134,6
1.04	Šatna č.1 - rozhodčí	20,9	53,3
1.05	Umyvárna - rozhodčí	4,1	10,5
1.06	Úklidová komora	3,8	9,7
1.07	Šatna č.2 - hráči	21,0	53,6
1.08	Umyvárna a Sprchy - Hráči	10,0	25,5
1.09	Šatna č.3 - hráči	21,0	53,6
1.10	Umyvárna a Sprchy - Hráči	10,0	25,5
1.11	Šatna č.4 - hráči	21,0	53,6
1.12	Umyvárna a Sprchy - Hráči	10,0	25,5
Zařízení č.5 - Hrací plocha			
1.29	Hrací plocha	1060,0	10539,0

Tabulka 8 – Prostorové parametry



Obrázek 55 - Rozdělení na funkční celky

2. TEPELNÉ BILANCE

2.1 NÁVRHOVÉ PARAMETRY

Město	Vsetín	
Nadmořská výška	346 m.n.m.	
Zima	Teplota externí t_e [°C]	-17
	Relativní vlhkost Φ [%]	97
Léto	Teplota externí t_e [°C]	33
	Relativní vlhkost Φ [%]	38
	Entalpie h_e [kJ/kg]	65

Tabulka 10 - Výpočtové klimatické hodnoty

VZT Zařízení	Místnost	Teplota interiéru [°C]		Relativní vlhkost interiéru [%]		Hladina akustického tlaku [dB/A]
		Léto	Zima	Léto	Zima	
1	1.03 Chodba - levá strana	-	20	-	-	50
	1.23 Šatna č.5 - hráči	-	22	60	50	50
	1.24 Umyvárna a Sprchy - Hráči	-	24	-	-	50
	1.25 Šatna č.6 - hráči	-	22	60	50	50
	1.26 Umyvárna + Sprchy - Hráči	-	20	-	-	50
2	1.18 Sklad čistících prostředků	-	20	-	-	50
	1.19 WC Ženy - předsíň	-	20	-	-	50
	1.20 WC Ženy - předsíň	-	20	-	-	50
	1.21 WC Ženy	-	20	-	-	50
	1.22 WC Ženy	-	20	-	-	50
3	1.13 WC Muži - předsíň	-	20	-	-	50
	1.14 WC Muži - pisoáry	-	20	-	-	50
	1.15 WC Muži	-	20	-	-	50
	1.16 WC Muži	-	20	-	-	50
	1.17 WC Muži	-	20	-	-	50
4	1.03 Chodba - pravá strana	-	20	-	-	50
	1.04 Šatna č.1 - rozhodčí	-	20	60	50	50
	1.05 Umyvárna - rozhodčí	-	24	-	-	50
	1.06 Úklidová komora	-	20	-	-	50
	1.07 Šatna č.2 - hráči	-	22	60	50	50
	1.08 Umyvárna a Sprchy - Hráči	-	24	-	-	50
	1.09 Šatna č.3 - hráči	-	22	60	50	50
	1.10 Umyvárna a Sprchy - Hráči	-	24	-	-	50
	1.11 Šatna č.4 - hráči	-	22	60	50	50
	1.12 Umyvárna a Sprchy - Hráči	-	24	-	-	50
5	1.29 Hrací plocha	27	20	max. 65	min. 30	50

Tabulka 11 - Výpočtové hodnoty vnitřního prostředí

2.2 TEPELNÁ ZTRÁTA OBJEKTU

2.2.1 SOUČINITELE PROSTUPU TEPLA KONSTRUKCÍ

Součinitele vypočteny dle internetového kalkulátoru na stránkách www.tzb-info.cz v záložce vytápění, karta výpočty a zde prostup tepla více vrstvou konstrukcí. Zde byla specifikována lokalita stavby jako Vsetín teplotní oblastí 2 a nadmořskou výškou 346 m.n.m. Tepelnou ztrátu objektu řešíme pouze v případě hrací plochy. V ostatních případech řešení zde pokrývají tepelnou ztrátu otopná tělesa.

Souvrství daných konstrukcí bylo vzato ze stavební dokumentace.

Všechny konstrukce svým složením vyhoví na požadované hodnoty dle ČSN 73 0540-2;2011.

Konstrukce	U [W/m ² .K]	U _N [W/m ² .K]	U _{rec} [W/m ² .K]	Posouzení
SO1 Stěna ochlazovaná A1	0,19	0,3	0,25	Vyhoví na doporučené
SO2 Stěna ochlazovaná A2	0,14	0,3	0,25	Vyhoví na doporučené
SO3 Stěna ochlazovaná B	0,10	0,3	0,25	Vyhoví na doporučené
SN1 Stěna neochlazovaná	0,13	2,7	1,8	Vyhoví na doporučené
PDL1 Podlaha hrací plocha	0,20	0,45	0,3	Vyhoví na doporučené
SCH1 Střešní plášť	0,41	0,24	0,16	Vyhoví na doporučené
OJ1 Okna jižní strana	1,10	1,5	1,2	Vyhoví na doporučené
OJ2 Okna severní strana	1,10	1,5	1,2	Vyhoví na doporučené
DN1 Dveře vnitřní 1	2,00	-	-	-
DN2 Dveře vnitřní 2	2,00	-	-	-

Tabulka 12 - Součinitele prostupu tepla zadaných konstrukcí

2.2.2 TEPELNÁ ZTRÁTA

Výpočet tepelné ztráty pro hrací plochu místnost č.1.29. Teplota exteriéru je uvažována v zimě -17°C a vnitřní teplota v zimním období 20°C. Ztráta větráním se zanedbává tuto složku tepelně pokrývá vzduchotechnická jednotka zařízení č.5.

Celkový návrhový tepelný výkon pro místnost	Hrací plocha $\Phi_i = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} =$	38 524W
---------------------------------------------	------------------------------------------------------	---------

Tabulka 13 - Tepelná ztráta místnost č. 1.29

2.3 TEPELNÁ ZÁTĚŽ

Pouze v prostoru hrací plochy se bude uvažovat s pokrytím tepelné zátěže pomocí vzduchotechnické jednotky. Dle vzorového týdenního rozvrhu hrací plochy byl vytvořen jeden vzorový den provozu s dvěma rozdíly, a to v jednom případě se večer v hale hraje sportovní utkání, kde jsou přítomni i fanoušci a v druhém případě je zde pouze večerní trénink.

Výpočet tepelných zisků byl proveden v programu **Teruna v.1.5b**

VARIANTA A (Při provozu haly s večerním zaplnění tribuny diváky)

VSTUPNÍ ÚDAJE

Výpočet proveden pro období od 8.8. do 8.8.

Časový krok: 600 s

Objem místnosti: 10720 m³

Ve výpočtu bylo zavedeno:

Simulace oblačnosti: ANO

Referenční rok: ANO

Uvažován vliv sluneční radiace: ANO

Osvětlení [1]: 20 - 21 h, 35W

Biologická produkce [1]: 8 - 12 h, 75kg, počet osob: 2

Biologická produkce [2]: 8 - 12h, 45kg, počet osob: 30

Biologická produkce [3]: 14 - 17h, 75kg, počet osob: 20

Biologická produkce [4]: 17 - 21h, 75kg, počet osob: 20

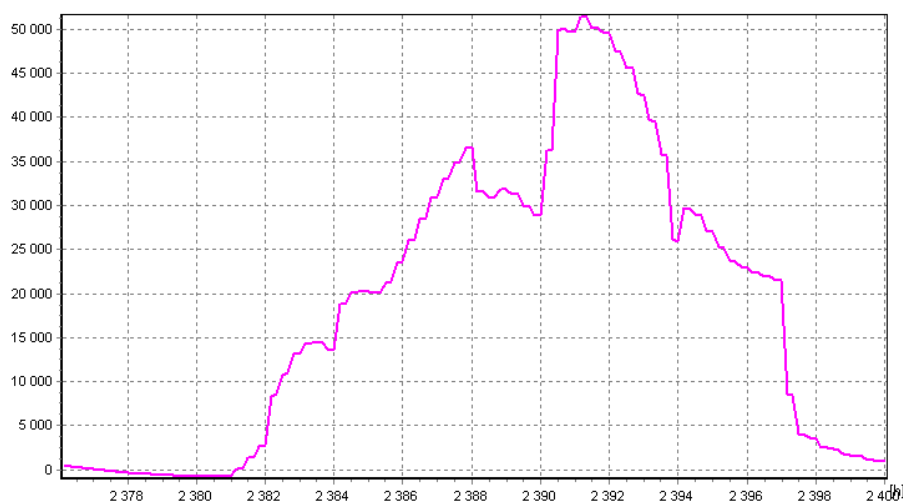
Biologická produkce [5]: 18 - 21h, 75kg, počet osob: 100

Sálavé plochy: NE

VÝSLEDKY

Maxima tepelné zátěže:

8.8. 15.33 h: Citelné teplo Max= **51393,15W**



Obrázek 56 - Tepelné zisky s diváky

VARIANTA B (Při provozu haly bez večerního zaplnění tribuny diváky)

VSTUPNÍ ÚDAJE

Výpočet proveden pro období od 17.7. do 17.7.

Časový krok: 600 s

Objem místnosti: 10720 m³

Ve výpočtu bylo zavedeno:

Simulace oblačnosti: ANO

Referenční rok: ANO

Uvažován vliv sluneční radiace: ANO

Osvětlení [1]: 20 - 21 h, 35W

Biologická produkce [1]: 8 - 12 h, 75kg, počet osob: 2

Biologická produkce [2]: 8 - 12h, 45kg, počet osob: 30

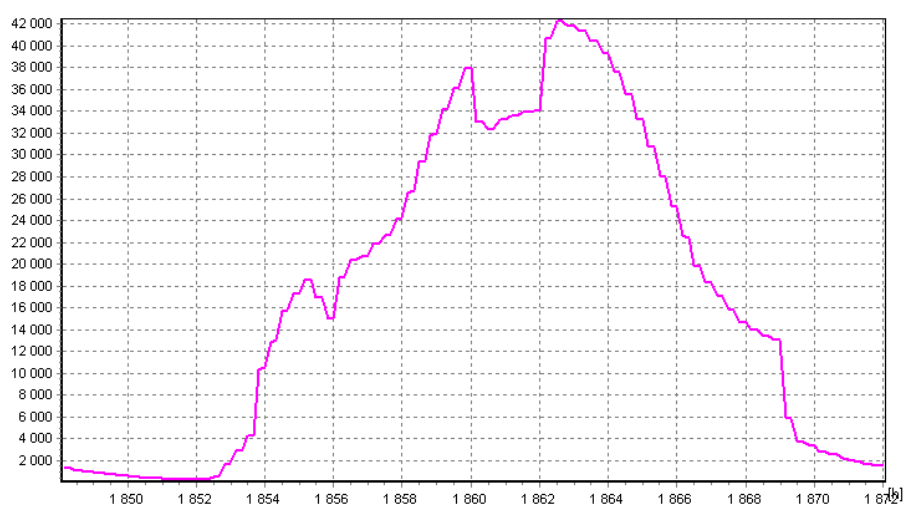
Biologická produkce [3]: 14 - 17h, 75kg, počet osob: 20

Biologická produkce [4]: 17 - 21h, 75kg, počet osob: 20

VÝSLEDKY

Maxima tepelné zátěže:

17.7. 14.67 h: Citelné teplo Max= **42257,44W**



Obrázek 57 - Tepelné zisky bez diváků

3. PRŮTOKY VZDUCHU

V případě zařízení č.1- č.4 je průtok stanoven dle požadované dávky vzduchu na šatní místo 20 m³/h a minimální dávkou vzduchu na výtok, umyvadlo 30 m³/h, sprcha 150 m³/h, výlevka 30 m³/h, WC 50 m³/h, pisoár 25 m³/h

V případě zařízení č.5 je zde uvažován průtok vzduchu v závislosti na požadavku dávky čerstvého vzduchu na sportovce a diváka. Ze stanoveného průtoku jsme stanovili přírodní teplotu čerstvého vzduchu v létě, kdy pokrýváme tepelný zisk a v zimě kdy pokrýváme tepelnou ztrátu.

ZADANÉ HODNOTY										VÝPOČTENÉ HODNOTY											
Charakter místnosti										Přívod											
Č. ZAŘÍZENÍ	Č. MÍSTNOSTI	NÁZEV	PLOCHA (m ²)	OBJEM (m ³)	POČET OSOB/ ZAŘÍZENÍ	DÁVKA VZDUCHU (m ³ /h)	min. VÝMĚNA (h ⁻¹)	Léto		Zima		Tepelné bilance		POŽADOVANÁ DÁVKA ČERSTVÉHO VZDUCHU (m ³ /h)	PŘÍVOD V LÉTĚ V _{pr} (m ³ /h)	LÉTO (°C)	ZIMA (°C)	ODVHLČENÍ Δx (g/kg _s)	ODVOD V LÉTĚ V _{od} (m ³ /h)		
								t (°C)	φ (%)	t (°C)	φ (%)	VODNÍ ZISKY g/s	TEP. ZISKY (W)							TEP. TRÁTY (W)	
Zařízení č.1 - Chodba a šatny č.5 - č.6																					
1	1.03	Chodba - levá strana	63,3	164,5	1	400	-	30	-	20	-	-	-	400	400	400	30	22	-	0	
	1.23	Šatna č.5 - hráči	21,0	53,6	30	20	-	30	60	22	50	-	-	600	600	600	30	22	-	500	
	1.24	Umyvárna a Sprchy - Hráči	10,0	25,5	1	510	-	30	-	24	-	-	-	510	410	410	-	-	-	510	
	1.25	Šatna č.6 - hráči	21,0	53,6	30	20	-	30	60	22	50	-	-	600	600	600	30	22	-	500	
	1.26	Umyvárna + Sprchy - Hráči	10,0	25,5	1	510	-	26	-	24	-	-	-	510	410	410	-	-	-	510	
														Σ	2420	2420		Σ	-	2020	
Zařízení č.2 - WC Ženy																					
2	1.18	Sklad čistících prostředků	4,8	12,8	1	30	-	29	-	19	-	-	-	30	0	0	-	-	-	30	
	1.19	WC Ženy - předstíň	4,5	12,0	1	60	-	30	-	20	-	-	-	60	0	0	-	-	-	60	
	1.20	WC Ženy - předstíň	2,6	6,6	1	0	-	30	-	20	-	-	-	0	0	0	-	-	-	0	
	1.21	WC Ženy	1,4	3,6	1	50	-	30	-	20	-	-	-	50	0	0	-	-	-	50	
	1.22	WC Ženy	1,4	3,6	1	50	-	30	-	20	-	-	-	50	0	0	-	-	-	50	
														Σ	0	0		Σ	-	190	
Zařízení č.3 - WC Žmuži																					
3	1.13	WC Muži - předstíň	5,3	14,1	1	90	-	29	-	19	-	-	-	90	0	0	-	-	-	90	
	1.14	WC Muži - pissoáry	5,0	13,3	1	75	-	30	-	20	-	-	-	75	0	0	-	-	-	75	
	1.15	WC Muži	1,4	3,6	1	50	-	30	-	20	-	-	-	50	0	0	-	-	-	50	
	1.16	WC Muži	1,4	3,6	1	50	-	30	-	20	-	-	-	50	0	0	-	-	-	50	
	1.17	WC Muži	1,2	3,1	1	50	-	30	-	20	-	-	-	50	0	0	-	-	-	50	
														Σ	0	0		Σ	-	315	
Zařízení č.4 - Chodba a šatny č.1 - č.4																					
4	1.03	Chodba - pravá strana	51,8	134,6	-	-	1	30	60	22	50	-	-	135	150	150	30	22	-	0	
	1.04	Šatna č.1 - rozhodčí	20,9	53,3	-	-	2	30	60	22	50	-	-	100	150	150	30	22	-	0	
	1.05	Umyvárna - rozhodčí	4,1	10,5	1	150	-	30	-	20	-	-	-	150	0	0	-	-	-	150	
	1.06	Úklidová komora	3,8	9,7	1	35	-	31	-	25	-	-	-	35	0	0	-	-	-	30	
	1.07	Šatna č.2 - hráči	21,0	53,6	30	20	-	30	60	22	50	-	-	600	600	500	30	22	-	500	
	1.08	Umyvárna a Sprchy - Hráči	10,0	25,5	1	510	-	30	-	24	-	-	-	510	410	410	-	-	-	510	
	1.09	Šatna č.3 - hráči	21,0	53,6	30	20	-	30	60	22	50	-	-	600	600	600	30	22	-	500	
	1.10	Umyvárna a Sprchy - Hráči	10,0	25,5	1	510	-	30	-	24	-	-	-	510	410	410	-	-	-	510	
	1.11	Šatna č.4 - hráči	21,0	53,6	30	20	-	30	60	22	50	-	-	600	600	600	30	22	-	500	
	1.12	Umyvárna a Sprchy - Hráči	10,0	25,5	1	510	-	26	-	24	-	-	-	510	410	410	-	-	-	510	
														Σ	3330	3230		Σ	-	3210	
Zařízení č.5 - Hrací plocha VARIANTA A (Při provozu haly s večerním zaplněním tribuny diváky)																					
5	1.29	Hrací plocha	1060,0	10539,0	20	90	-	27	max. 65	20	min. 30	4,74	51393	35977	6800	6800	6800	21	24	2,13	6800
														Σ	6800	6800		Σ	2,13	6800	
Zařízení č.5 - Hrací plocha VARIANTA B (Při provozu haly bez večerního zaplnění tribuny diváky)																					
5	1.29	Hrací plocha	1060,0	10539,0	20	90	-	27	max. 65	20	min. 30	1,52	42257	35977	1800	6800	3750	21	28	0,68	6800
														Σ	6800	3750		Σ	4,94	6800	

Tabulka 14 - Průtoky vzduchu a tlakové poměry

4. DISTRIBUCE VZDUCHU

V této sportovní hale jsou navrženy čtyři typy distribučních elementů.

Pro zařízení č. 1. a 4. jsou pro distribuci čerstvého vzduchu zvoleny v šatnách vířivé vyústky, v prostoru umýváren dvouřadé čtyřhranné vyústky a na chodbě přívodní plastové talířové ventily. Odvod je kompletně řešen pomocí dvouřadých čtyřhranných vyústek pouze s výjimkou úklidové místnosti a umývárny rozhodčích kde jsou použity odvodní plastové talířové ventily.

Pro zařízení č. 2. a 3. jsou pro odvod odpadního vzduchu voleny odvodní plastové talířové ventily.

Pro zařízení č. 5. jsou zvoleny pro distribuci čerstvého vzduchu velkoobjemové vyústky a pro odvod vzduchu jsou voleny jednořadé čtyřhranné vyústky.

Distribuční elementy jsou řešeny od firmy Systemair, a.s. [37] dle technické specifikace.



Č. ZAŘÍZENÍ	Č. MÍSTNOSTI	NÁZEV	PLOCHA	OBJEM	PŘÍVOD	ODVOD	OZNAČENÍ DISTRIBUČNÍHO ELEMENTU	PRŮMĚR PŘIPOJOVACÍHO POTRUBÍ	POČET	PŘÍSTOK / 1 ELEMENT	ΔPC	WI	Lwa	H	Hz
-	-	-	m ²	m ³	m ³ /h	m ³ /h	-	m	ks	m ³ /h	Pa	m/s	dB	m	m
Zařízení č.1 - Chodba a šatny č.5 - č.6															
1	1.03	Chodba - levá strana	63,3	164,5	400	0	Kruhový přívodní ventil Systemair Balance-S 160 a=7,5mm	0,16	4	100	35	-	20	-	-
	1.23	Šatna č.5 - hrací	21,0	53,6	600	-	Systemair VVKR-A-S-400-16-W-RAL9005	0,2	2	300	34	0,15	34	2,55	1,6
					-	500	Výústka NOVA-B-1-2-300x100-H	-	7	71	1	<0,15	<25	2,55	1,6
	1.24	Umyvárna a Sprchy - Hráči	10,0	25,5	410	-	Výústka NOVA-B-1-2-600x200-H	-	2	205	<1	<0,15	<25	2,55	1,6
					-	510	Výústka NOVA-B-1-2-300x200-H	-	3	170	1	<0,15	<25	2,55	1,6
	1.25	Šatna č.6 - hráči	21,0	53,6	600	-	Systemair VVKR-A-S-400-16-W-RAL9005	0,2	2	300	34	0,15	34	2,55	1,6
2					-	500	Výústka NOVA-B-1-2-300x100-H	-	7	71	1	<0,15	<25	2,55	1,6
	1.26	Umyvárna + Sprchy - Hráči	10,0	25,5	410	-	Výústka NOVA-B-1-2-600x200-H	-	2	205	<1	<0,15	<25	2,55	1,6
					-	510	Výústka NOVA-B-1-2-300x200-H	-	3	170	1	<0,15	<2	2,55	1,6
				Σ	2420	2020									
Zařízení č.2 - WC Ženy															
3	1.18	Sklad čistících prostředků	4,8	12,8	0	30	Kruhový odvodní ventil Systemair Balance-E 100 a=0mm	0,1	1	30	14	-	<20	-	-
	1.19	WC Ženy - předstřín	4,5	12,0	0	60	Kruhový odvodní ventil Systemair Balance-E 100 a=5mm	0,1	1	60	50	-	22	-	-
	1.20	WC Ženy - předstřín	2,6	6,6	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1.21	WC Ženy	1,4	3,6	0	50	Kruhový odvodní ventil Systemair Balance-E 100 a=5mm	0,1	1	50	35	-	<20	-	-
4	1.22	WC Ženy	1,4	3,6	0	50	Kruhový odvodní ventil Systemair Balance-E 100 a=5mm	0,1	1	50	35	-	<20	-	-
				Σ	0	150									
	1.13	WC Muži - předstřín	5,3	14,1	0	90	Kruhový odvodní ventil Systemair Balance-E 100 a=5mm	0,1	2	45	28	-	<20	-	-
	1.14	WC Muži - pisoře	5,0	13,3	0	75	Kruhový odvodní ventil Systemair Balance-E 100 a=5mm	0,1	2	38	21	-	<20	-	-
5	1.15	WC Muži	1,4	3,6	0	50	Kruhový odvodní ventil Systemair Balance-E 100 a=5mm	0,1	1	50	35	-	<20	-	-
	1.16	WC Muži	1,4	3,6	0	50	Kruhový odvodní ventil Systemair Balance-E 100 a=5mm	0,1	1	50	35	-	<20	-	-
	1.17	WC Muži	1,2	3,1	0	50	Kruhový odvodní ventil Systemair Balance-E 100 a=5mm	0,1	1	50	35	-	<20	-	-
				Σ	0	315									
Zařízení č.4 - Chodba a šatny č.1 - č.4															
6	1.03	Chodba - levá strana	51,8	134,6	150	0	Kruhový přívodní ventil Systemair Balance-S 160 a=7,5mm	0,16	2	75	35	-	20	-	-
	1.04	Šatna č.1 - rozhodčí	20,9	53,3	150	0	Systemair VVKR-A-S-400-8-W-RAL9005	0,2	1	150	34	0,15	34	2,55	1,6
	1.05	Umyvárna - rozhodčí	4,1	10,5	0	150	Kruhový odvodní ventil Systemair Balance-E 200 a=5mm	0,2	3	50	35	-	<20	-	-
	1.06	Uklídková komora	3,8	9,7	0	30	Kruhový odvodní ventil Systemair Balance-E 100	0,1	1	30	25	-	20	-	-
	1.07	Šatna č.2 - hráči	21,0	53,6	600	-	Systemair VVKR-A-S-400-16-W-RAL9005	0,2	2	300	34	0,15	34	2,55	1,6
					-	500	Výústka NOVA-B-1-2-300x100-H	-	7	71	1	<0,15	<25	2,55	1,6
7	1.08	Umyvárna a Sprchy - Hráči	10,0	25,5	410	-	Výústka NOVA-B-1-2-600x200-H	-	2	205	<1	<0,15	<25	2,55	1,6
					-	510	Výústka NOVA-B-1-2-300x200-H	-	3	170	1	<0,15	<25	2,55	1,6
	1.09	Šatna č.3 - hráči	21,0	53,6	600	-	Systemair VVKR-A-S-400-16-W-RAL9005	0,2	2	300	34	0,15	34	2,55	1,6
					-	500	Výústka NOVA-B-1-2-300x100-H	-	7	71	1	<0,15	<25	2,55	1,6
	1.10	Umyvárna a Sprchy - Hráči	10,0	25,5	410	-	Výústka NOVA-B-1-2-600x200-H	-	2	205	<1	<0,15	<25	2,55	1,6
					-	510	Výústka NOVA-B-1-2-300x200-H	-	3	170	1	<0,15	<25	2,55	1,6
8	1.11	Šatna č.4 - hráči	21,0	53,6	600	-	Systemair VVKR-A-S-400-16-W-RAL9005	0,2	2	300	34	0,15	34	2,55	1,6
					-	500	Výústka NOVA-B-1-2-300x100-H	-	7	71	1	<0,15	<25	2,55	1,6
	1.12	Umyvárna a Sprchy - Hráči	10,0	25,5	410	-	Výústka NOVA-B-1-2-600x200-H	-	2	205	<1	<0,15	<25	2,55	1,6
					-	510	Výústka NOVA-B-1-2-300x200-H	-	3	170	1	<0,15	<2	2,55	1,6
9				Σ	3330	3210									
					6800	-									
	1.29	Hrací plocha	1060,0	10539,0	-	6800	Velkoobjemová výústka Systemair BURE 250	0,25	16	425	34	-	15	9	1,6
					-	6800	Výústka NOVA-B-1-2-800x200-H	-	15	453	3	<0,15	<25	7	1,6
10					0	6800									
Zařízení č.5 - Hrací plocha VARIANTA A (Při provozu haly s večerním zaplnění tribunou diváky)															
11															

Tabulka 15 - Návrh všech distribučních elementů

5. DIMENZOVÁNÍ POTRUBÍ A TLAKOVÁ ZTRÁTA

Při návrhu VZT potrubí byla dodržena rychlost na páteřním rozvodu do 5 m/s a u koncového elementu 2 m/s.

VZT potrubí bylo voleno z pozinkovaného plechu kruhové potrubí SPIRO a čtyřhranné ocelové potrubí sk.l

Zařízení č.1 - Chodba a šatny č.5 - č.6			
Přívod :	128,0 Pa	Odvod:	144,4 Pa
Zařízení č.2 - WC Ženy			
Přívod :	-	Odvod:	101,5 Pa
Zařízení č.3 - WC Muži			
Přívod :	-	Odvod:	102,3 Pa
Zařízené č.4 - Chodba a šatny č.1 - č.4			
Přívod :	149,8 Pa	Odvod:	160,3 Pa
Zařízené č.5 - Hrací plocha			
Přívod :	198,0 Pa	Odvod:	173,5 Pa

Tabulka 16 - Rekapitulace tlakových ztrát

6. VZDUCHOTECHNICKÉ JEDNOTKY

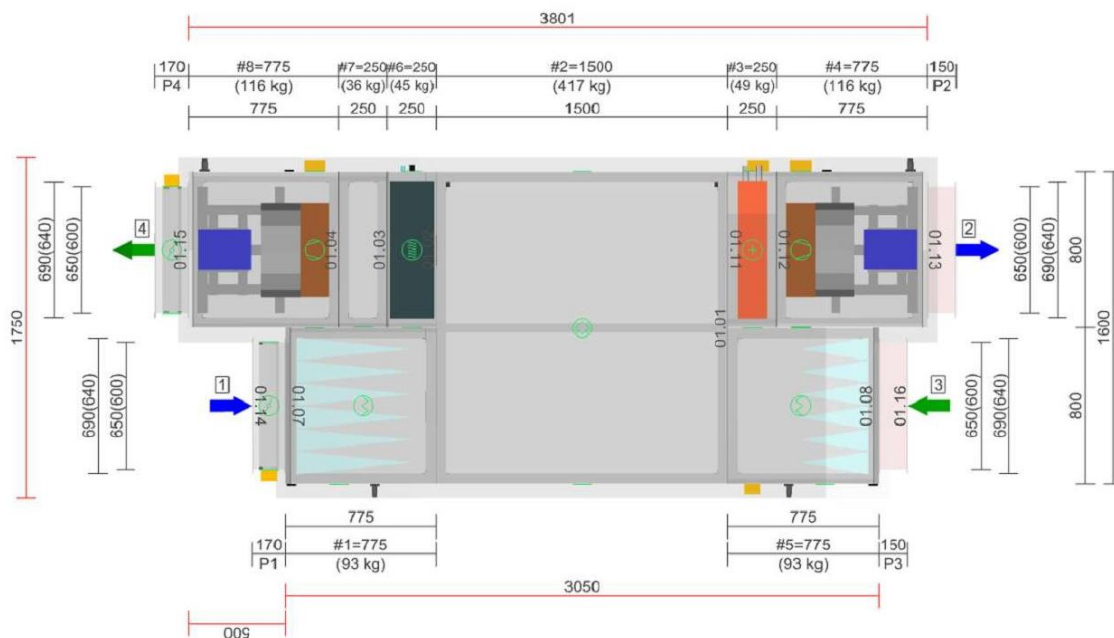
Pro správnost návrhu vzduchotechnických jednotek byl použit návrhový software od firmy REMAK, a.s. a technické podklady vzduchotechnických jednotek Systemair, a.s. [37].

6.1 ZAŘÍZENÍ č. 1

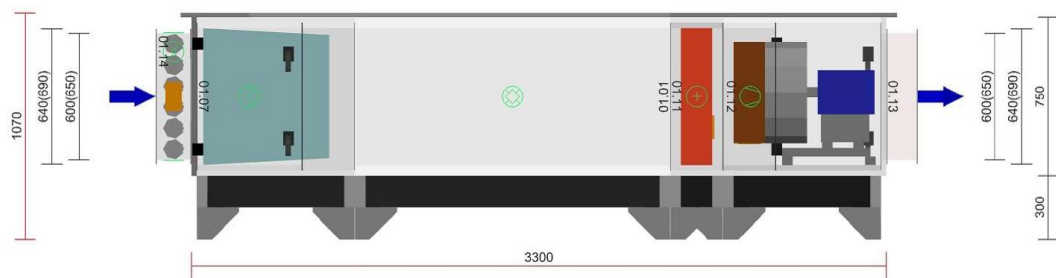
Vzduchotechnická jednotka zajišťuje výměnu vzduchu a úpravu vzduchu na požadované hodnoty v prostoru šaten č. 5. a 6. Z důvodu velikosti jednotky byla umístěna v exteriéru a uzpůsobena pro venkovní provedení. Jednotka pracuje s přívodním průtokem vzduchu 2480 m³/h, odvodním průtokem vzduchu 2020 m³/h a s externí tlakovou ztrátou na přívodu 140 Pa a na odvodu 150 Pa. Větší přívod čerstvého vzduchu je uvažován z důvodu pokrytí vzduchového deficitu v prostoru chodby, kde si přisává vzduchu zařízení č.2 a č.3 z prostoru toalet. V zimním období se bude vzduch ohřívat na 22°C. Tyto požadavky splňuje modelová řada **AeroMaster XP 06** od společnosti REMAK, a.s. [37]

Součástí jednotky je deskový výměník zpětného získávání tepla s účinností 79%.

Filtrace je zvolená ve složení filtru M5 na přívodu a G4 na odvodu.



Bokorys přívodní větve



Bokorys odtahové větve



Obrázek 58 - Vzduchotechnické zařízení č.1

Základní parametry zařízení

Druh, rozměr	AeroMaster XP 06	
Řídicí jednotka VCS (Climatix)	Ne	
Hmotnost (+/-10%)	1 109 kg	
Umístění VZT jednotky	Venkovní včetně stříšky	
Materiálové provedení		
Vnější plášť	Lakovaný plech (RAL 9002)	
Vnitřní plášť	Pozinkovaný plech	
	Přívod	Odvod
Průtok vzduchu	2480 m³/h	2020 m³/h
Externí tlaková rezerva	140 Pa	150 Pa
Rychlost v průřezu	1.52 m/s	1.24 m/s
Výkon motoru nominální	0.78 kW	0.78 kW
Typ motoru ventilátoru	EC motor	EC motor
1. stupeň filtrace	M5	G4
2. stupeň filtrace	-	-
SFP _i	672 W.m³.s	583 W.m³.s

Model box AMXP3



		Parametry pláště dle EN1886	
		Mechanická stabilita	D2(M)
		Netěsnost skříně	L2(M)
		Termická izolace	T3(M)
		Faktor tepelných mostů	TB3(M)
SFP _{AHU}	1147 W.m³.s	Netěsnost mezi filtrem a rámem	< 0,5 % (F9)

Nejdůležitější parametry vybraných komponentů

	Na straně vzduchu		Na straně média	
Zpětný zisk tepla	-17,0 → 12,9 °C	79 %, 24,0 kW		
Ohřev	12,9 → 20,0 °C	5,8 kW	70/43 °C, Voda, 0,2 kPa, 0,19 m³/h, 1 "	

Detailní specifikace a výsledné parametry jsou součástí detailní specifikace vzduchotechnického zařízení

Hlukové parametry zařízení

	LwA _{okt} [dB]								ΣLwA [dB(A)]
Oktávové pásmo	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	
Přívod - sání	31	33	46	47	38	34	27	19	50
Přívod - výtlak	39	46	63	67	71	69	64	58	75
Přívod - okolí	32	29	44	40	41	39	34	25	48
Odvod - sání	28	33	43	43	37	33	26	17	47
Odvod - výtlak	35	46	58	62	65	64	58	52	70
Odvod - okolí	28	29	40	36	38	36	31	21	44

Tabulka 17 - Základní parametry zařízení č.1

Název akce:

Zařízení č.1

Povrchová teplota chladiče:

9 °C

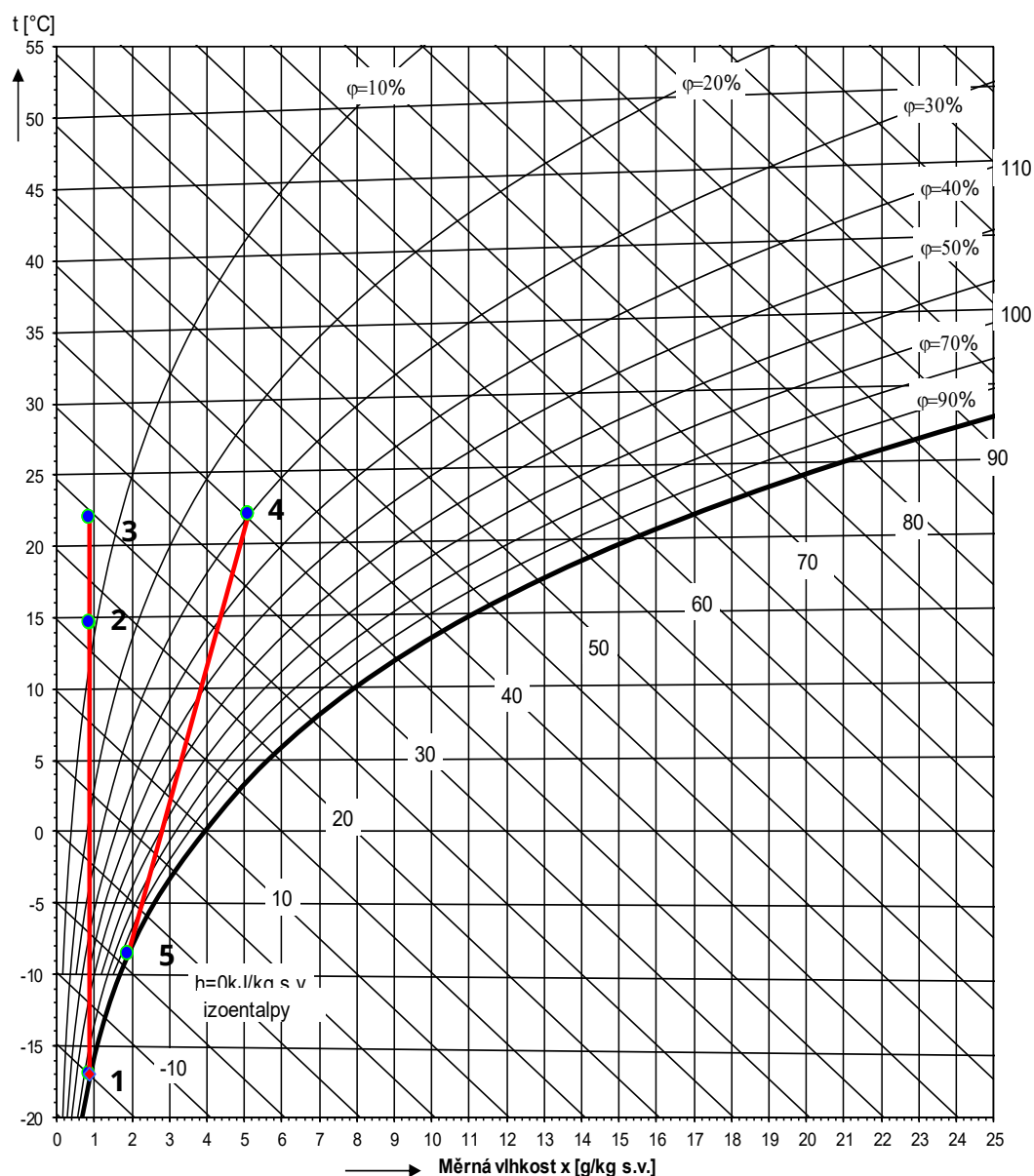
Tlak vzduchu:

97,1 kPa

Max. vlhkost při úpravách:

100 %

Číslo stavu			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Popis stavu			te	bod 1	ohřev	ti	bod2					
Teplota	t	°C	-17,0	14,6	22,0	22,0	-8,6					
rel.vlhkost	j	%	97%	8%	5%	30%	100%					
měr. vlhkost	x	g/kg s.v.	0,9	0,9	0,9	5,1	1,9					
entalpie	h	kJ/kg s.v.	-15,1	16,9	24,4	35,2	-4,0					
tep.vlh. teploměru	tv	°C	-17,1	3,9	7,5	12,1	-8,6					
hustota	r	kg/m3	1,32	1,17	1,15	1,14	1,28					
Skut. průtok	Vs	m3/h	2 257	2 535	2 600	0	0					
Norm. průtok	Vn	m3/h	2 480	2 480	2 480	0	0					
Předaný výkon	P	kW		26,4	6,2		0,0					
Odpařené vody	qw	kg/h		0,0	0,0		0,0					



6.2 ZAŘÍZENÍ č. 2

Vzduchotechnické zařízení určené pro odvod odpadního vzduchu z prostoru dámských toalet. Jedná se o radiální ventilátor s regulovatelnými otáčkami **K 125 xl SILEO** o průtoku vzduchu 190 m³/h a tlakové ztrátě 105 Pa. Součástí zařízení jsou dva tlumiče hluku do kruhového potrubí, zpětná klapka a výfuková hlavice umístěna nad střechou.

Ventilátor s dalšími VZT komponenty zařízení jsou od společnosti Systemaira.s. [37]

Základní data										
<input type="radio"/> Požadovaný průtok vzduchu										190 m³/h
<input type="radio"/> Požadovaný statická tlak										105 Pa
<input checked="" type="radio"/> Průtok vzduchu										190 m³/h
<input checked="" type="radio"/> Pracovní statický tlak										105 Pa
<input checked="" type="radio"/> Příkon										40,7 W
Otáčky										2159 ot/min
Proud										0,21 A
SFP										0,772 kW/m³/s
Napětí										193 V
Hlukový filtr <div>A-filtr ▼</div>										
Hladina akustického výkonu		63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	Celk.
Sání	dB(A)	44	57	60	62	61	57	50	39	67
Výtlač	dB(A)	46	57	55	59	59	55	47	37	64
Okolí	dB(A)	17	13	33	42	41	39	32	26	46
Krytí / Klasifikace										
Třída izolace									B	
Třída krytí, motor									IP44	
Energetická třída										
Energetická třída, základní jednotka							E			
Energetická třída, jednotka s příslušenstvím							C			
Splňuje požadavky ErP:										2016/2018

Tabulka 18 - Základní parametry zařízení č.2

6.3 ZAŘÍZENÍ č. 3

Vzduchotechnické zařízení určené pro odvod odpadního vzduchu z prostoru pánských toalet. Jedná se o radiální ventilátor s regulovatelnými otáčkami **K 160xl SILEO** o průtoku vzduchu 315 m³/h a tlakové ztrátě 105 Pa. Součástí zařízení jsou dva tlumiče hluku do kruhového potrubí, zpětná klapka a výfuková hlavice umístěna nad střechou.

Ventilátor s dalšími VZT komponenty zařízení jsou od společnosti Systemaira.s. [37]

Základní data										
<input type="radio"/> Požadovaný průtok vzduchu										315 m ³ /h
<input type="radio"/> Požadovaný statická tlak										105 Pa
<input checked="" type="radio"/> Průtok vzduchu										334 m ³ /h
<input checked="" type="radio"/> Pracovní statický tlak										118 Pa
<input checked="" type="radio"/> Příkon										70,1 W
Otáčky										1955 ot/min
Proud										0,444 A
SFP										0,756 kW/m ² /s
Napětí										160 V
Hlukový filtr A-filtr ▼										
Hladina akustického výkonu		63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	Celk.
Sání	dB(A)	43	62	60	64	61	56	50	40	69
Výtlač	dB(A)	50	64	54	63	58	54	47	37	68
Okolí	dB(A)	6	21	30	43	39	39	33	20	46

Krytí / Klasifikace	
Třída izolace	B
Třída krytí, motor	IP44

Energetická třída	
Energetická třída, základní jednotka	E
Energetická třída, jednotka s příslušenstvím	C
Splňuje požadavky ErP:	2016/2018

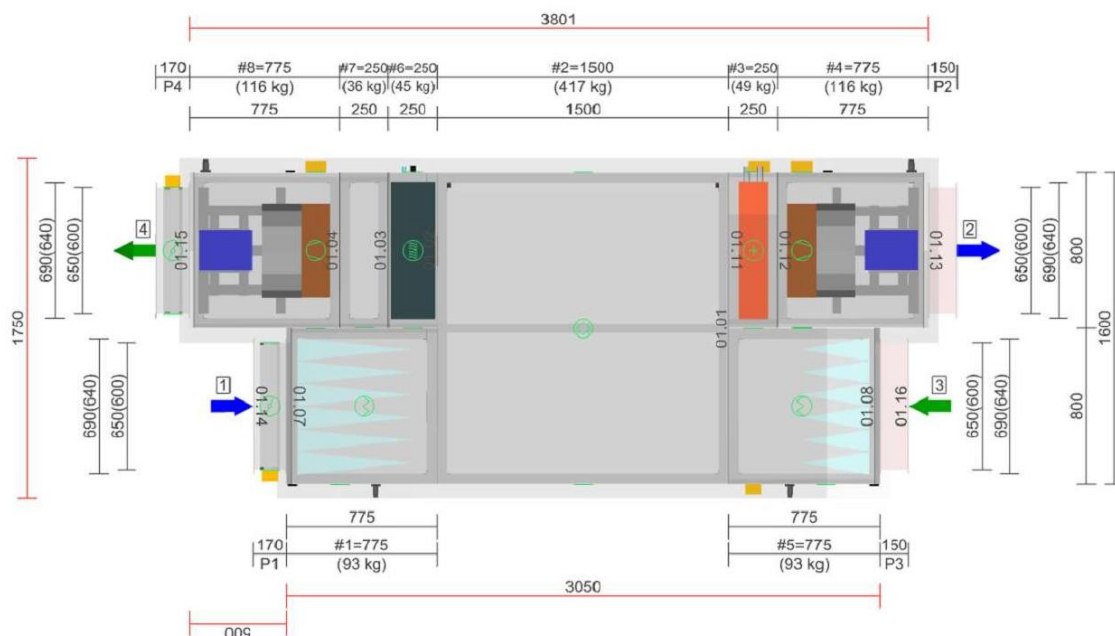
Tabulka 19 - Základní parametry zařízení č.3

6.4 ZAŘÍZENÍ č. 4

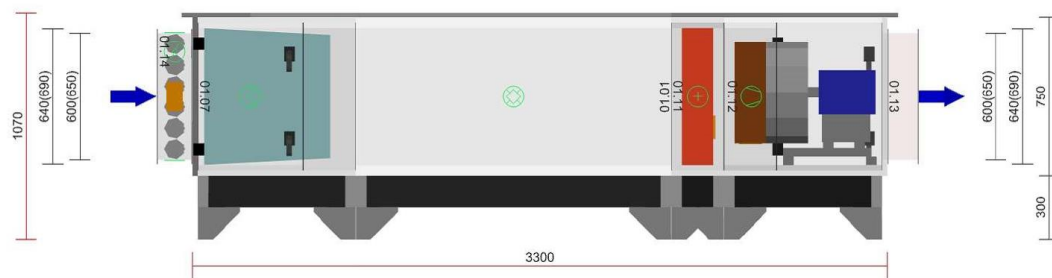
Vzduchotechnická jednotka zajišťuje výměnu vzduchu a úpravu vzduchu na požadované hodnoty v prostoru šaten č. 1. - 4. Z důvodu velikosti jednotky byla umístěna v exteriéru a uzpůsobena pro venkovní provedení. Jednotka pracuje s přívodním průtokem vzduchu 3330 m³/h, odvodním průtokem vzduchu 3210 m³/h a s externí tlakovou ztrátou na přívodu 150 Pa a na odvodu 160 Pa. Větší přívod čerstvého vzduchu je uvažován z důvodu pokrytí vzduchového deficitu v prostoru chodby, kde si přisává vzduchu zařízení č.2 a č.3 z prostoru toalet. V zimním období se bude vzduch ohřívat na 22°C. Tyto požadavky splňuje modelová řada **AeroMaster XP 06** od společnosti REMAK, a.s. [37]

Součástí jednotky je deskový výměník zpětného získávání tepla s účinností 87%.

Filtrace je zvolená ve složení filtru M5 na přívodu a G4 na odvodu.



Bokorys přívodní větve



Bokorys odtahové větve



Obrázek 59 - Vzduchotechnické zařízení č.4

Základní parametry zařízení

Druh, rozměr	AeroMaster XP 06
Řídicí jednotka VCS (Climatix)	Ne

Hmotnost (+10%)	1 118 kg
Umístění VZT jednotky	Venkovní včetně stříšky
Materiálové provedení	
Vnější plášť	Lakovaný plech (RAL 9002)
Vnitřní plášť	Pozinkovaný plech

	Přívod	Odvod
Průtok vzduchu	3330 m³/h	3210 m³/h
Externí tlaková rezerva	150 Pa	160 Pa
Rychlost v průřezu	2.04 m/s	1.96 m/s
Výkon motoru nominální	3.00 kW	3.00 kW
Typ motoru ventilátoru	EC motor	EC motor
1. stupeň filtrace	M5	G4
2. stupeň filtrace	-	-
SFP _i	849 W.m³.s	813 W.m³.s

Model box AMXP3



			Parametry pláště dle EN1886	
			Mechanická stabilita	D2(M)
			Netěsnost skříně	L2(M)
			Termická izolace	T3(M)
			Faktor tepelných mostů	TB3(M)
SFP _{AHU}	1632 W.m ³ .s		Netěsnost mezi filtrem a rámem	< 0,5 % (F9)

Nejdůležitější parametry vybraných komponentů

	Na straně vzduchu	Na straně média
Zpětný zisk tepla	-17,0 → 15,9 °C	87 %, 35,0 kW
Ohřev	15,9 → 20,0 °C	4,5 kW

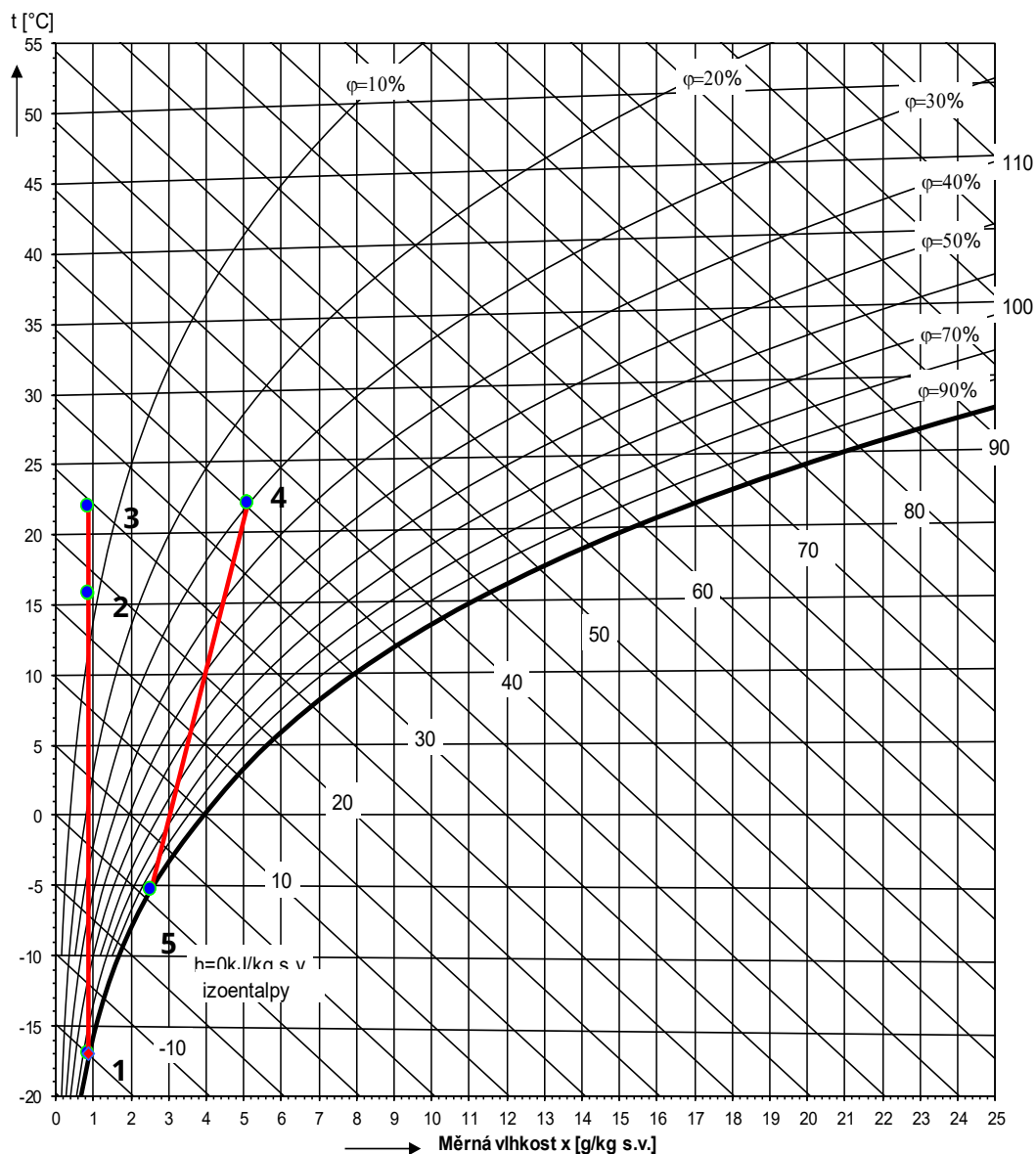
Detailní specifikace a výsledné parametry jsou součástí detailní specifikace vzduchotechnického zařízení

Hlukové parametry zařízení

	LwA _{okt} [dB]								ΣLwA [dB(A)]
Oktávové pásmo	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	
Přívod - sání	41	48	52	50	41	36	29	22	55
Přívod - výtlak	48	57	70	71	74	72	68	61	79
Přívod - okolí	41	41	51	44	44	42	38	28	53
Odvod - sání	41	48	52	49	42	38	31	25	55
Odvod - výtlak	48	57	69	69	71	69	65	58	76
Odvod - okolí	41	41	51	43	44	41	38	27	53

Tabulka 20 - Základní parametry zařízení č.4

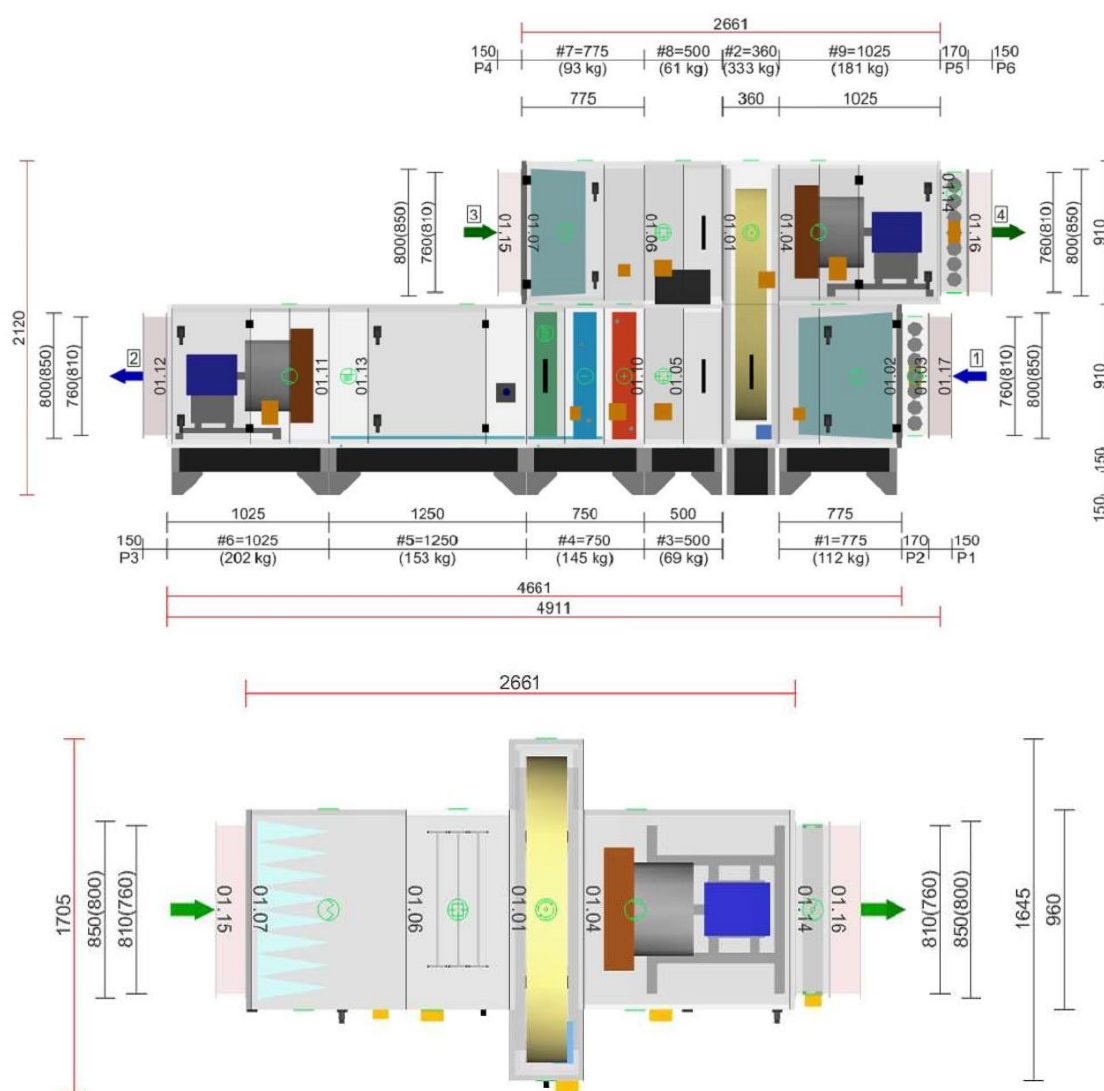
			Tlak vzduchu: 97,1 kPa					Max. vlhkost při úpravách: 100 %				
Číslo stavu			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Popis stavu			te	bod 1	ohřev	ti	bod2					
Teplota	t	°C	-17,0	15,8	22,0	22,0	-5,3					
rel.vlhkost	j	%	97%	7%	5%	30%	100%					
měr. vlhkost	x	g/kg s.v.	0,9	0,9	0,9	5,1	2,5					
entalpie	h	kJ/kg s.v.	-15,1	18,1	24,4	35,2	0,9					
tep.vlh. teploměru	tv	°C	-17,1	4,4	7,5	12,1	-5,3					
hustota	r	kg/m3	1,32	1,17	1,15	1,14	1,26					
Skut. průtok	Vs	m3/h	2 257	2 545	2 600	0	0					
Norm. průtok	Vn	m3/h	2 480	2 480	2 480	0	0					
Předaný výkon	P	kW		27,4	5,2		0,0					
Odpařené vody	qw	kg/h		0,0	0,0		0,0					

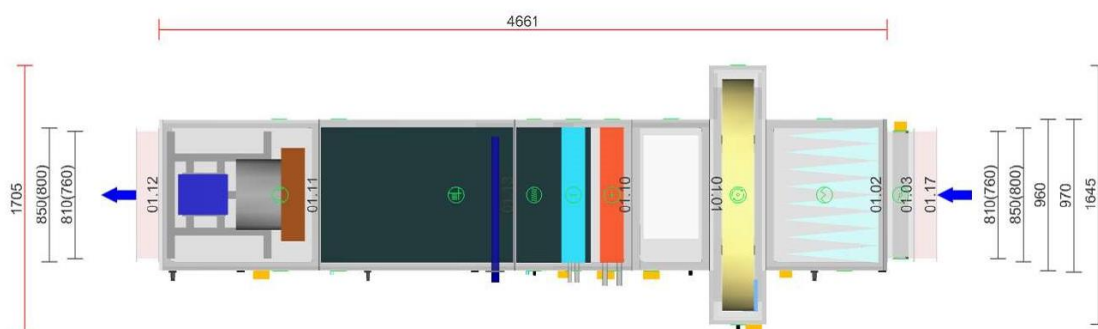


6.5 ZAŘÍZENÍ č.5

Vzduchotechnická jednotka zajišťuje výměnu vzduchu a úpravu vzduchu na požadované hodnoty v prostoru hrací plochy. Jednotka je umístěna ve strojovně vzduchotechniky a sání a výtlač jsou situovány vývody nad střechu. Jednotka pracuje s průtokem vzduchu 6800 m³/h a s externí tlakovou ztrátou na přívodu 198 Pa a na odvodu 173,5 Pa. V zimním období bude vzduch ohřívát na 20 °C a v létě chladit na 27°C. V případě provozu haly, kdy zde nejsou diváci je možné část vzduchu pouze cirkulovat. Tyto požadavky splňuje modelová řada **AeroMaster XP 10** od společnosti REMAK, a.s.

Součástí jednotky je rotační výměník zpětného získávání tepla s účinností 77 %. Jednotka obsahuje i komoru pro parní vlhčení, umožňující zvlhčení na relativní vlhkost na přívodu $\phi_i = 17\%$, pro dovlhčení na $\phi_i = 35\%$ se uvažuje vlhkostních zisků od lidí. Filtrace je zvolená ve složení filtru M5 na přívodu a G4 na odvodu.





Obrázek 60 - Vzduchotechnické zařízení č.5

Základní parametry zařízení									
Druh, rozměr	AeroMaster XP 10								
Řídicí jednotka VCS (Climatix)	Ne								
Hmotnost (+/-10%)	1 494 kg								
Umístění VZT jednotky	Vnitřní								
Materiálové provedení									
Vnější plášť	Lakovaný plech (RAL 9002)								
Vnitřní plášť	Pozinkovaný plech								
	Přívod	Odvod							
Průtok vzduchu	6800 m³/h	6800 m³/h							
Externí tlaková rezerva	200 Pa	175 Pa							
Rychlost v průřezu	2.72 m/s	2.72 m/s							
Výkon motoru nominální	3.50 kW	3.50 kW							
Typ motoru ventilátoru	EC motor	EC motor							
1. stupeň filtrace	M5	G4							
2. stupeň filtrace	-	-							
SFP _i	N.m³.s								
Parametry pláště dle EN1886									
	Mechanická stabilita	D2(M)							
	Netěsnost skříně	L2(M)							
	Termická izolace	T3(M)							
	Faktor tepelných mostů	TB3(M)							
	Netěsnost mezi filtrem a rámem	< 0,5 % (F9)							
SFP _{AHU}	1379 W.m³.s								
Nejdůležitější parametry vybraných komponentů									
	Na straně vzduchu	Na straně média							
Zpětný zisk tepla	-17.0 → 11.4 °C	77 %, 70.9 kW							
Směšování	11.4 → 11.4 °C	0.5 %							
Ohřev	11.4 → 20.0 °C	19.4 kW							
Chlazení	33.0 → 21.4 °C	32.4 kW							
Vlhčení	20.0 → 20.0 °C	17 → 35 %							
		25.0 kg/h, 18.8 kW**							
Detailní specifikace a výsledné parametry jsou součástí detailní specifikace vzduchotechnického zařízení									
** Napájení a jistění zvlhčovače není řešeno z ŘJ VCS									
Hlukové parametry zařízení									
	LwA _{okt} [dB]							ΣLwA [dB(A)]	
Oktávové pásmo	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	
Přívod - sání	38	55	61	59	53	48	43	41	64
Přívod - výtlak	44	64	70	74	76	73	69	63	81
Přívod - okolí	37	48	51	47	47	43	40	30	55
Odvod - sání	39	56	61	61	57	54	51	49	66
Odvod - výtlak	43	65	67	71	72	69	66	59	77
Odvod - okolí	36	49	49	45	44	41	38	28	54

<

Tabulka 21 - Základní parametry zařízení č.5

Název akce:

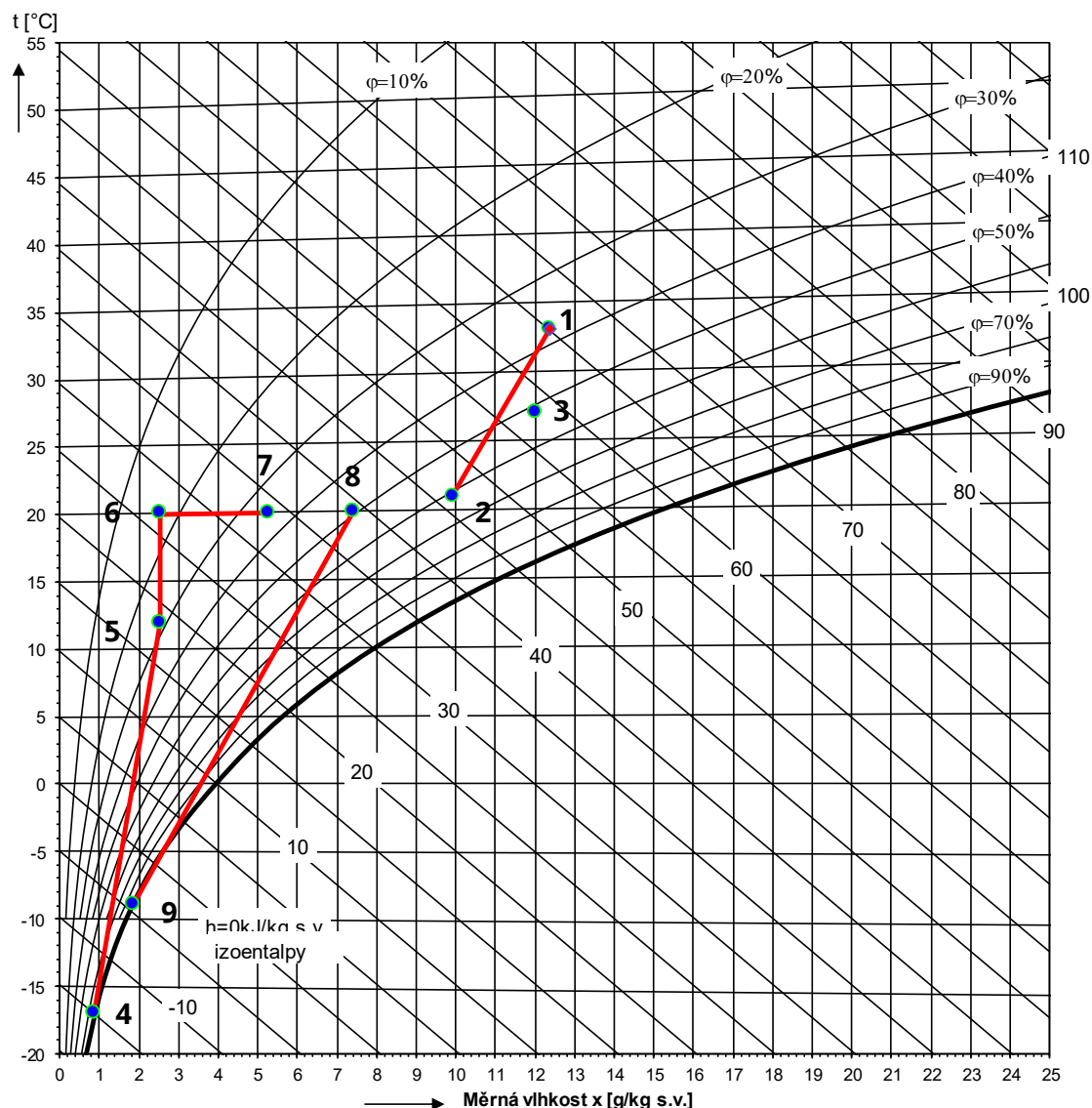
Zařízení č.5

Povrchová teplota chladiče: 9 °C

Tlak vzduchu: 97,1 kPa

Max. vlhkost při úpravách: 100 %

Číslo stavu		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Popis stavu		Léto	Přívod	Interiér	Zima	bod1	ohřev	vlhčení	interiér	bod2	
Teplota	t °C	33,0	21,0	27,0	-17,0	11,9	20,0	20,0	20,0	-8,9	
rel.vlhkost	j %	38%	61%	52%	97%	28%	17%	35%	49%	100%	
měr. vlhkost	x g/kg s.v.	12,4	9,9	12,0	0,9	2,5	2,5	5,3	7,4	1,8	
entalpie	h kJ/kg s.v.	65,0	46,4	58,0	-15,1	18,4	26,7	33,6	39,1	-4,4	
tep.vlh. teploměru	tv °C	21,6	16,1	19,7	-17,1	4,6	8,5	11,41	13,50	-8,90	
hustota	r kg/m3	1,10	1,14	1,12	1,32	1,18	1,15	1,2	1,1	1,3	
Skut. průtok	Vs m3/h	0	7 210	0	0	0	0	0	0	0	
Norm. průtok	Vn m3/h	0	6 800	0	0	0	0	0	0	0	
Předaný výkon	P kW		-42,2			0,0	0,0	0,0		0,0	
Odpařené vody	qw kg/h		-19,9			0,0	0,0	0,0		0,0	



7. ÚTLUM HLUKU

Jako nežádoucí rušící element je považován hluk, šířící se od ventilátoru potrubím až k distribučním elementům v místnosti. Vložením tlumiče hluku do této trasy se tomuto šíření hluku zamezí nebo případně se sníží na požadovanou normovou hladinu hluku.

Výpočet útlumu hluku byl řešen ve výpočtovém program Excel.

V zařízení č.1 jsou použity čtyřhranné kulisové tlumiče hluku o firmy M-art, s.r.o.. Tlumiče jsou kromě odvodní - sací větve umístěny na každé straně výdech z jednotky.

V zařízení č.2 jsou použity tlumiče hluku do spiro potrubí. Tlumiče jsou realizovány od firmy Systemair, a.s [37]. Tlumiče jsou umístěny před a za radiálním ventilátorem na odvodu z místnosti.

V zařízení č.3 jsou použity tlumiče hluku do spiro potrubí. Tlumiče jsou realizovány od firmy Systemair, a.s [37]. Tlumiče jsou umístěny před a za radiálním ventilátorem na odvodu z místnosti.

V zařízení č.4 jsou použity čtyřhranné kulisové tlumiče hluku o firmy M-art, s.r.o.. Tlumiče jsou kromě odvodní - sací větve umístěny na každé straně výdech z jednotky.

V zařízení č.5 jsou použity čtyřhranné kulisové tlumiče hluku o firmy M-art, s.r.o.. Tlumiče jsou umístěny na každé straně výdeších z jednotky.

Z dokumentace vzduchotechnické jednotky je uveden patřičný hluk na přívodní – výtlačkové straně. Údaje jsou vypsány v jednotlivých frekvenčních pásmech. Pro exteriér jsme volili maximální hodnotu akustické hladiny 50db (žádný z funkčních celků nefunguje po 22:00). V místnosti je hluk limitován pro určitý komfort hladina hluku na 45db.

Zařízení č.1 - Chodba a šatny č.5 - č.6		
Přívod - sací potrubí	Hladina akustického tlaku s filtrem A [dB]	41,9
	Hladina akustického tlaku [dB]	50,8
Přívod - výtlačné potrubí	Hladina akustického tlaku s filtrem A [dB]	36,8
	Hladina akustického tlaku [dB]	48,1
Odvod- sací potrubí	Hladina akustického tlaku s filtrem A [dB]	47,6
	Hladina akustického tlaku [dB]	53,5
Odvod - výtlačné potrubí	Hladina akustického tlaku s filtrem A [dB]	41,9
	Hladina akustického tlaku [dB]	52,4
Zařízení č.2 - WC Ženy		
Odvod- sací potrubí	Hladina akustického tlaku s filtrem A [dB]	29,6
	Hladina akustického tlaku [dB]	51,2
Odvod - výtlačné potrubí	Hladina akustického tlaku s filtrem A [dB]	34,3
	Hladina akustického tlaku [dB]	49,7
Zařízení č.3 - WC Muži		
Odvod- sací potrubí	Hladina akustického tlaku s filtrem A [dB]	45,1
	Hladina akustického tlaku [dB]	51,3
Odvod - výtlačné potrubí	Hladina akustického tlaku s filtrem A [dB]	34,9
	Hladina akustického tlaku [dB]	51,4
Zařízení č.4 - Chodba a šatny č.1 - č.4		
Přívod - sací potrubí	Hladina akustického tlaku s filtrem A [dB]	42,7
	Hladina akustického tlaku [dB]	51,8
Přívod - výtlačné potrubí	Hladina akustického tlaku s filtrem A [dB]	37,5
	Hladina akustického tlaku [dB]	49,1
Odvod- sací potrubí	Hladina akustického tlaku s filtrem A [dB]	48,5
	Hladina akustického tlaku [dB]	54,5
Odvod - výtlačné potrubí	Hladina akustického tlaku s filtrem A [dB]	42,7
	Hladina akustického tlaku [dB]	53,5
Zařízení č.5 - Hrací plocha		
Přívod - sací potrubí	Hladina akustického tlaku s filtrem A [dB]	40,2
	Hladina akustického tlaku [dB]	48,8
Přívod - výtlačné potrubí	Hladina akustického tlaku s filtrem A [dB]	35,3
	Hladina akustického tlaku [dB]	46,2
Odvod- sací potrubí	Hladina akustického tlaku s filtrem A [dB]	45,7
	Hladina akustického tlaku [dB]	51,3
Odvod - výtlačné potrubí	Hladina akustického tlaku s filtrem A [dB]	40,2
	Hladina akustického tlaku [dB]	50,3

Tabulka 22 – Hlukové parametry vzduchotechnických zařízení

8. IZOLACE

Izolace byly navrženy pro zamezení kondenzace vzduchu na povrchu nebo v ně potrubí a proti zabránění poklesu teploty o více jak 1°C.

Výpočty byly provedeny v softwaru TERUNA.

Zařízení č.1 - Chodba a šatny č.5 - č.6		
Přívod - rozvod v podhledu a exteriéru	ROCKWOOL	Techrock 60 ALS tl.40mm
Odvod - rozvod v exteriéru a v podhledu	ROCKWOOL	Techrock 60 ALS tl.40mm
Zařízení č.2 - WC Ženy		
Není uvažována tepelná izolace.		
Zařízení č.3 - WC Muži		
Není uvažována tepelná izolace.		
Zařízené č.4 - Chodba a šatny č.1 - č.4		
Přívod - rozvod v podhledu a exteriéru	ROCKWOOL	Techrock 60 ALS tl.40mm
Odvod - rozvod v exteriéru a v podhledu	ROCKWOOL	Techrock 60 ALS tl.40mm
Zařízené č.5 - Hrací plocha		
Přívod - sání ve strojovně VZT	ROCKWOOL	Techrock 60 ALS tl.40mm
Odvod - výtlačk ve strojovně VZT	ROCKWOOL	Techrock 60 ALS tl.40mm

Tabulka 23 - Tepelné izolace



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

VZDUCHOTECHNIKA SPORTOVNÍ HALY

AIR CONDITION OF SPORT HALL

PROJEKT

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Ondřej Malovaný

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. PAVEL UHER, Ph.D.

Stavitel : JINDŘICH PRŮŽNÝ, Ulice na smetánce 17, 755 01 VSETÍN
Místo stavby : VSETÍN, kat. území VSETÍN, parc. č. 2697/2
Druh dokumentace : Dokumentace pro stavební povolení

NÁZEV STAVBY:

VZDUCHOTECHNIKA SPORTOVNÍ HALY

SO 01 SPORTOVNÍ HALA

D.1.4 TECHNIKA PROSTŘEDÍ STAVEB

D.1.4.1 VZDUCHOTECHNIKA

D.1.4.1.01 TECHNICKÁ ZPRÁVA

SEZNAM DOKUMENTACE:

D.1.4.1.01 TECHNICKÁ ZPRÁVA
D.1.4.1.02 TECHNICKÁ SPECIFIKACE
D.1.4.1.03 PŮDORYS A STŘECHA ŠATEN
D.1.4.1.04 PŮDORYS A STŘECHA HRACÍ PLOCHY
D.1.4.1.05 ŘEZY A -F
D.1.4.1.06 ŘEZ G-G´
D.1.4.1.07 ŘEZ H-H´
D.1.4.1.08 ŘEZ I-I´

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. Ondřej Malovaný

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. PAVEL UHER, Ph.D.

9. TECHNICKÁ ZPRÁVA

9.1 ÚVOD

Předmětem této projektové dokumentace je vzduchotechnika sportovní haly stojící ve Vsetíně. Na tomto projektu je zájem řešení pouze vzduchotechnika hrací plochy a zázemí pro sportovce. Vzduchotechnická zařízení jsou rozděleny do pěti funkčních celků nezávislých na sobě. Každé zařízení pro daný celek zajišťuje interní mikroklima v návrhových místnostech a dále zajišťuje požadovanou výměnu vzduchu v hygienických zařízeních. Projektová dokumentace je zpravována v rozsahu pro stavební povolení.

9.1.1 PODKLADY PRO ZPRACOVÁNÍ

- Podkladem pro zpracování byly výkresy půdorysy a řezy stavební části
- podklady výrobců zařízení

Systemair, a.s.

Remak, a.s

Mart, s.r.o

Elektrodesign Ventilátory spol. s r.o.

ROCKWOOL, a.s.

- normy, předpisy:

Nařízení vlády č. 272/2011 Sb. o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací

Nařízení vlády č. 361/2007 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci

Vyhláška č. 6/2003 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky vnitřního prostředí

Vyhláška č. 499/2006 Sb. o dokumentaci staveb ze znění pozdějších předpisů

ČSN 73 0872 Požární bezpečnost staveb. Ochrana staveb proti šíření požáru vzduchotechnickým zařízením

ČSN 73 05 40-3 Tepelná ochrana budov - Část 3: Návrhové hodnoty veličin

ČSN EN 12 831 Tepelné soustavy v budovách - Výpočet tepelného výkonu

ČSN 01 3154 Technické výkresy - Instalace - Vzduchotechnika, klimatizace

ČSN 12 7010/Z1 Vzduchotechnická zařízení - Navrhování větracích a klimatizačních zařízení - Obecná ustanovení

ČSN 73 0548 Výpočet tepelné zátěže klimatizovaných prostorů

ČSN 38 3350 Zásobování teplem, všeobecné zásady

9.1.2 VÝPOČTOVÉ HODNOTY KLIMATICKÝCH POMĚRŮ

Město	Vsetín	
Nadmořská výška	346 m.n.m.	
Zima	Teplota externí t_e [°C]	-17
	Relativní vlhkost Φ [%]	97
Léto	Teplota externí t_e [°C]	33
	Relativní vlhkost Φ [%]	38
	Entalpie h_e [kJ/kg]	65

Tabulka 24 - Výpočtové klimatické hodnoty

9.1.3 OCHRANA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

Vzduchotechnická zařízení nedopravují žádné hygienicky významné škodliviny. Pro všechny provozy v jednotlivých VZT jednotkách se předpokládá běžná vzduchotechnika s prachovou filtrací, ohřevem a chlazením pro přívod a odvodem vzduchu do venkovního prostoru. Odpadní vzduch ze všech hygienických místností neexpozuje žádné okolní objekty. Vzduchotechnická zařízení budou produkovat pevný odpad – zanesený filtrační materiál o celkové hmotnosti cca 8 kg/rok. Tento materiál nebude obsahovat biologicky aktivní látky a bude likvidován spolu s běžným odpadem.

9.1.4 VÝPOČTOVÉ HODNOTY VNITŘNÍHO PROSTŘEDÍ

Rychlost vzduchu v pobytové zóně nepřekračuje hodnotu 0,25 m/s. Hluk ve vnějším prostoru stavby v denní době nepřekračuje normou danou hodnotu 50 dB. Vzhledem k charakteru obsluhované stavby není uvažováno s provozem zařízení v noční době.

VZT Zařízení	Místnost	Teplota interiéru [°C]		Relativní vlhkost interiéru [%]		Hladina akustického tlaku [dB/A]
		Léto	Zima	Léto	Zima	
1	1.03 Chodba - levá strana	-	20	-	-	50
	1.23 Šatna č.5 - hráči	-	22	60	50	50
	1.24 Umyvárna a Sprchy - Hráči	-	24	-	-	50
	1.25 Šatna č.6 -hráči	-	22	60	50	50
	1.26 Umyvárna + Sprchy - Hráči	-	20	-	-	50
2	1.18 Sklad čistících prostředků	-	20	-	-	50
	1.19 WC Ženy - předsíň	-	20	-	-	50
	1.20 WC Ženy - předsíň	-	20	-	-	50
	1.21 WC Ženy	-	20	-	-	50
	1.22 WC Ženy	-	20	-	-	50
3	1.13 WC Muži - předsíň	-	20	-	-	50
	1.14 WC Muži - pisoáry	-	20	-	-	50
	1.15 WC Muži	-	20	-	-	50
	1.16 WC Muži	-	20	-	-	50
	1.17 WC Muži	-	20	-	-	50
4	1.03 Chodba - pravá strana	-	20	-	-	50
	1.04 Šatna č.1 - rozhodčí	-	20	60	50	50
	1.05 Umyvárna - rozhodčí	-	24	-	-	50
	1.06 Úklidová komora	-	20	-	-	50
	1.07 Šatna č.2 - hráči	-	22	60	50	50
	1.08 Umyvárna a Sprchy - Hráči	-	24	-	-	50
	1.09 Šatna č.3 - hráči	-	22	60	50	50
	1.10 Umyvárna a Sprchy - Hráči	-	24	-	-	50
	1.11 Šatna č.4 - hráči	-	22	60	50	50
	1.12 Umyvárna a Sprchy - Hráči	-	24	-	-	50
5	1.29 Hrací plocha	27	20	max. 65	min. 30	50

Tabulka 25 - Výpočtové hodnoty vnitřního prostředí

9.2 ZÁKLADNÍ KONCEPČNÍ ŘEŠENÍ

K zajištění všech požadavků, které jsou na profesi VZT kladeny, byly navrženy standardní nízkotlaké systémy. Vzduchotechnická zařízení byla dimenzována tak, aby splnila potřebné hygienické požadavky, normy a oborové zvyklosti (minimální potřebná dávka čerstvého vzduchu na osobu, potřebná doporučená intenzita větrání, dostatečná filtrace čerstvého vzduchu). VZT zařízení s ohledem na vzduchové výkony, uvažovanou dobu provozu a dispoziční možnosti byla navržena jako čerstvo vzdušná. U VZT zařízení, kdy je v řešení větrání jsou navrženy systémy zpětného získávání tepla. Vždy je však dbáno na zajištění doporučené hygienické dávky čerstvého vzduchu.

Dělení funkčních celků:

1. Zařízení č. 1 - Chodba a šatny č. 5 - č. 6
2. Zařízení č. 2 - WC Ženy
3. Zařízení č. 3 - WC Muži
4. Zařízení č. 4 - Chodba a šatny č. 1 - č. 4
5. Zařízení č. 5 - Hrací plocha

V případě zařízení č.1 se jedná o nucené větrání šaten hráčů s přilehlými umyvárnami a přívodem čerstvého vzduchu do prostoru spojovací chodby. Šatny jsou řešeny, jako přetlakové naopak umyvárny jsou řešeny jako podtlakové (V konečném součtu potom vychází systém šaten umyváren jako rovnotlaký). Do prostoru chodby se pouze přivádí čerstvý vzduch pro vyrovnání podtlaku, které na chodbě vytváří zařízení č. 2 a č.3. VZT jednotka je umístěna v exteriéru.

V případě zařízení č.2 se jedná o odvod odpadního vzduchu z toalet žen. Zařízení je umístěno v prostoru mezi střešou a stropem.

V případě zařízení č.3 se jedná o odvod odpadního vzduchu z toalet mužů. Zařízení je umístěno v prostoru mezi střešou a stropem.

V případě zařízení č.4 se jedná o nucené větrání šaten hráčů a rozhodčích s přilehlými umyvárnami a přívodem čerstvého vzduchu do prostoru spojovací chodby. Šatny jsou řešeny, jako přetlakové naopak umyvárny jsou řešeny jako podtlakové (V konečném součtu potom vychází systém šaten umyváren jako rovnotlaký). Do prostoru chodby se pouze přivádí čerstvý vzduch pro vyrovnání podtlaku, které na chodbě vytváří zařízení č. 2 a č.3. VZT jednotka je umístěna v exteriéru.

V případě zařízení č.5 se jedná o plnou klimatizaci sportovní haly, která pokrývá jak tepelné zisky v létě tak tepelnou ztrátu v zimě. Sportovní hala je řešena jako rovnotlaká. VZT jednotka je umístěna v samostatné strojovně vzduchotechniky přilehlé hrací ploše. Součástí VZT jednotky je parní vlhčení a pro toto zařízení je umístěn parní vyvíječ, který je umístěn přímo ve strojovně vzduchotechniky.

Provoz VZT zařízení bude řízen samostatným systémem MaR.

9.2.1 HYGIENICKÉ POŽADAVKY

Větrání bude navrženo v souladu s hygienickými předpisy

Zařízení č.1

Dávka vzduchu na šatní místo:	20 m ³ /h
Sprcha	150 m ³ /h
Umyvadlo	30 m ³ /h

Zařízení č.2

WC	50 m ³ /h
Umyvadlo	30 m ³ /h
Výlevka	30 m ³ /h

Zařízení č.3

WC	50 m ³ /h
Pisoár	25 m ³ /h
Umyvadlo	30 m ³ /h

Zařízení č.4

Dávka vzduchu na šatní místo:	30 m ³ /h
Sprcha	150 m ³ /h
Umyvadlo	30 m ³ /h
Úklidová komora	35 m ³ /h

Zařízení č.5

Sportovec	90 m ³ /h
Divák	50 m ³ /h

Třídy filtrace přiváděného vzduchu jsou uvedeny v popisu zařízení. Vytápění šaten bude zajištěno pomocí otopných těles, pouze v případě hrací plochy dochází k vytápění pomocí vzduchotechniky.

9.2.2 TECHNOLOGICKÉ VĚTRÁNÍ A CHLAZENÍ

Na objekt nejsou žádné technologické nároky vyžadující technologické větrání a chlazení.

9.2.3 ENERGETICKÉ ZDROJE

ELEKTRICKÁ ENERGIE

Elektrická energie je uvažována pro pohon elektromotorů VZT a parní vyvíječ – soustava 3NPE 400 V, 50 Hz; 1NPE 230 V, 50 Hz

TEPELNÁ ENERGIE

Pro ohřev vzduchu v tepelném výměníku vzduchotechnické jednotky zařízení č.1, č.4, č.5 bude sloužit topná voda s teplotním spádem 70/50 °C. Strojovna vytápění a chlazení je v 1NP v místnosti č.1.28. Napojení vodních ohříváčů bude přes regulační uzly. Napojení výměníku a dodávku regulačních uzlů zajistí profese vytápění. Chlazení venkovního vzduchu ve výměníku VZT jednotky bude zajištěno přímým výparníkem umístěným přímo ve VZT jednotce a kondenzátor umístěn na střeše na strojovnou vzduchotechniky. Dodávku tohoto zařízení zajistí profese chlazení.

9.3 POPIS TECHNICKÉHO ŘEŠENÍ

9.3.1 KONCEPCE VĚTRACÍCH A KLIMATIZAČNÍCH ZAŘÍZENÍ

Vzduchotechnické zařízení bude sloužit k dosažení požadovaného mikroklimatu v různých funkčních celcích. U zařízení č.1 a č. 4 je VZT jednotka řešena v provedení venkovním. Zařízení č. 2 a č. 3 jsou umístěny v prostoru mezi stropem a střešou. Zařízení č. 5 je umístěno ve své vzduchotechnické strojovně. Všechny VZT jednotky jsou napojeny pro odvod kondenzátu na vnitřní kanalizaci v patřičném spádu.

Rozvod vzduchu v budě částečně proveden z kruhového pozinkovaného SPIRO potrubí a ocelového čtyřhranného potrubí skupiny I. Části potrubí, kde je možnost výskytu vzniku povrchové kondenzace nebo teplotní pokles vzduchu o 1K je nutno potrubí izolovat. U zařízení č. 1, č. 4 a č. 5 budou použity čtyřhranné kulisové tlumiče hluku a u zbylých dvou zařízení budou voleny tlumiče hluku do kruhového potrubí. Na vstupu do jednotek jsou osazeny regulační klapky se servopohony.

Distribuční prvky jsou voleny pro hygienická zařízení na straně odvodu i přívodu talířovými ventily a v referenčních místnostech jsou použity vířivé vyústky, velkoobjemové vyústky v požadovaných dimenzích a také dvouřadé čtyřhranné vyústky. Distribuční elementy jako jsou vířivé vyústky a talířové ventily budou připojeny přes regulační klapky a ohebné hadice SONOFLEX MI.

Sání a výtlačk bude v případě venkovního zařízení č. 1 a č. 4 řešen v exteriéru vyosením přívodního a odvodního potrubí tak aby odvodní potrubí mělo výfuk po směru větru. Na přívodu bude osazena protidešťová žaluzie a na straně výfuku je pouze síto proti hmyzu a 15° koleno pro zastřešení. V případě zařízení č. 2 a č. 3 je v exteriéru ukončeno potrubí výfukovou hlavicí. U zařízení č. 5 je sání i výtlačk vyveden potrubím nad střechu a ukončeno 60° koleny se sítí proti hmyzu.

Navržená vzduchotechnická zařízení jsou rozdělena do následujících funkčních celků:

ZAŘÍZENÍ Č.1 – CHODBA A ŠATNY Č.5 - Č.6

Zařízení je určeno pro větrání chodby a šaten č.5 a č.6 a jejich přilehlých umývárén. Jedná se o nucené větrání.

Množství vzduchu bylo určeno dle požadované dávky vzduchu na šatní místo 20 m³/h a minimální dávkou vzduchu na výtok, umyvadlo 30 m³/h, sprcha 150 m³/h, výlevka 30 m³/h

Přívod vzduchu je zajištěn do prostoru přes vzduchotechnickou jednotku s rekupeací tepla, která je umístěná v exteriéru. Pro úpravu a dopravu vzduchu do prostor bude sloužit kompaktní rekuperační jednotka REMAk **AeroMaster XP06** s by-passem.

V jednotce jsou prováděny tyto úpravy vzduchu:

Přívodní část jednotky:

- 1° filtrace třídy M5
- ohřev vzduchu v deskovém rekuperačním výměníku
- dohřev vzduchu vodním výměníkem při tep. spádu topné vody 70/40°C
- doprava přívodního vzduchu ventilátorem

Vzduchový výkon přívodní části 2480 m³/h

Odvodní část jednotky:

- filtrační díl - třída G4
- rekuperace tepla pomocí deskového výměníku
- doprava odvodního vzduchu ventilátorem

Vzduchový výkon odvodní části 2020 m³/h

Venkovní vzduch je přiváděn přes protidešťovou žaluzii vzt. potrubím do jednotky, kde je upravován na požadované parametry.

Upravený vzduch je veden vzt. potrubím do prostoru šaten, umyváren a chodby, kde je distribuován pomocí vířivých vyústí, čtyřhranných vyústek a talířových ventilů. Tyto vyústí, budou instalovány v kazetovém podhledu.

Odvodní vzduch je v prostoru šaten a umyváren odváděn pomocí odvodních dvouřadých čtyřhranných vyústek. Rozvod je řešen čtyřhranným potrubím. Odpadní vzduch předá v deskovém rekuperátoru teplo přívodnímu vzduchu. Odvodní vzduch z jednotky je veden přes kulisový tlumič hluku, za kterým je osazeno pouze síť proti hmyzu a ochranné 15°koleno přes které je odpadní vzduch vyfukován do venkovního prostředí

Hluk jednotky do sání a výtaku je na požadovanou hodnotu utlumen kulisovými tlumiči hluku osazenými v příslušných vzduchovodech.

Zařízení bude spínáno ručně dle potřeby.

ZAŘÍZENÍ Č.2 - WC ŽENY

V případě zařízení č.2 se jedná o odvod odpadního vzduchu z toalet žen. Zařízení je umístěno v prostoru mezi střešou a stropem.

Zařízení je určeno pro odvod odpadního vzduchu z toalet žen. Jedná se o nucené odvětrání.

hygienické zázemí dle požadované minimální dávky vzduchu na výtok
WC 50 m³/h, umyvadlo 30 m³/h

Odvodní vzduch je v prostoru toalet odváděn pomocí odvodních talířových ventilů. Rozvod je řešen kruhovým pozinkovaných SPIRO potrubím. Talířové ventily budou umístěny v podhledech. Veškeré distribuční elementy budou napojeny přes ohebné hadice. Hluk ventilátoru do sání a výtaku je na požadovanou hodnotu utlumen tlumiči hluku osazenými v kruhovém potrubí. Vyústění bude nad střešou ukončeno výfukovou hlavicí.

Zařízení bude spínáno dle senzoru pohybu s časovým doběhem.

ZAŘÍZENÍ Č.3 - WC MUŽI

V případě zařízení č.3 se jedná o odvod odpadního vzduchu z toalet mužů. Zařízení je umístěno v prostoru mezi střešou a stropem.

Zařízení je určeno pro odvod odpadního vzduchu z toalet mužů. Jedná se o nucené odvětrání.

hygienické zázemí dle požadované minimální dávky vzduchu na výtok
WC 50 m³/h, umyvadlo 30 m³/h, pisoár 25 m³/h, výlevka 30 m³/h

Odvodní vzduch je v prostoru toalet odváděn pomocí odvodních talířových ventilů. Rozvod je řešen kruhovým pozinkovaných SPIRO potrubím. Talířové ventily budou umístěny v podhledech. Veškeré distribuční elementy budou napojeny přes ohebné hadice. Hluk ventilátoru do sání a výtlaku je na požadovanou hodnotu utlumen tlumiči hluku osazenými v kruhovém potrubí. Vyústění bude nad střechou ukončeno výfukovou hlavicí.

Zařízení bude spínáno dle senzoru pohybu s časovým doběhem.

ZAŘÍZENÍ Č.4 – CHODBA A ŠATNY Č.1 - Č.4

Zařízení je určeno pro větrání chodby a šaten č.1 - č.4 a jejich přilehlých umývárén. Jedná se o nucené větrání.

Množství vzduchu bylo určeno dle požadované dávky vzduchu na šatní místo 20m³/h a minimální dávkou vzduchu na výtok, umyvadlo 30 m³/h, sprcha 150 m³/h, výlevka 30 m³/h

Přívod vzduchu je zajištěn do prostoru přes vzduchotechnickou jednotku s rekupe-
rací tepla, která je umístěná v exteriéru. Pro úpravu a dopravu vzduchu do prostor
bude sloužit kompaktní rekuperační jednotka REMAk **AeroMaster XP06** s by-pas-
sem.

V jednotce jsou prováděny tyto úpravy vzduchu:

Přívodní část jednotky:

- 1° filtrace třídy M5
 - ohřev vzduchu v deskovém rekuperačním výměníku
 - dohřev vzduchu vodním výměníkem při tep. spádu topné vody 70/40°C
 - doprava přívodního vzduchu ventilátorem
- Vzduchový výkon přívodní části 3330m³/h

Odvodní část jednotky:

- filtrační díl - třída G4
- rekuperace tepla pomocí deskového výměníku
- doprava odvodního vzduchu ventilátorem

Vzduchový výkon odvodní části 3210 m³/h

Venkovní vzduch je přiváděn přes protidešťovou žaluzii vzt. potrubím do jednotky, kde je upravován na požadované parametry.

Upravený vzduch je veden vzt. potrubím do prostoru šaten, umyváren a chodby, kde je distribuován pomocí vířivých vyústí, čtyřhranných vyústek a talířových ventilů. Tyto vyústí, budou instalovány v kazetovém podhledu.

Odvodní vzduch je v prostoru šaten a umyváren odváděn pomocí odvodních dvouřadých čtyřhranných vyústek. Rozvod je řešen čtyřhranným potrubím. Odpadní vzduch předá v deskovém rekuperátoru teplo přívodnímu vzduchu. Odvodní vzduch z jednotky je veden přes kulisový tlumič hluku, za kterým je osazeno pouze síť proti hmyzu a ochranné 15°koleno přes které je odpadní vzduch vyfukován do venkovního prostředí

Hluk jednotky do sání a výtaku je na požadovanou hodnotu utlumen kulisovými tlumiči hluku osazenými v příslušných vzduchovodech.

Zařízení bude spínáno ručně dle potřeby.

ZAŘÍZENÍ Č.5 – HRACÍ PLOCHA

Zařízení je určeno pro pokrytí tepelné zátěže a tepelné ztráty prostoru hrací plochy. Jedná se o nucené větrání.

Množství vzduchu bylo určeno dle požadované dávky vzduchu sportovec 90 m³/h, divák 50 m³/h.

Přívod vzduchu je zajištěn do prostoru přes vzduchotechnickou jednotku s rekuperační tepla, která je umístěná v přilehlé strojovně vzduchotechniky. Pro úpravu a dopravu vzduchu do prostor bude sloužit kompaktní rekuperační jednotka REMAk **AeroMaster XP10** s by-passem.

V jednotce jsou prováděny tyto úpravy vzduchu:

Přívodní část jednotky:

- 1° filtrace třídy M5
- ohřev vzduchu v rotačním regeneračním výměníku
- dohřev vzduchu vodním výměníkem při tep. spádu topné vody 70/40°C
- chlazení vzduchu přímým výparníkem umístěným v jednotce a kondenzační jednotkou umístěnou na střeše haly nad strojovnou VZT
- parní vlhčení
- doprava přívodního vzduchu ventilátorem

Vzduchový výkon přívodní části 6800m³/h

Odvodní část jednotky:

- filtrační díl - třída G5
- směšovací komora
- odvod tepla pomocí rotačního výměníku
- doprava odvodního vzduchu ventilátorem

Vzduchový výkon odvodní části 6800 m³/h

Venkovní vzduch je přiváděn přes koleno se sítím proti hmyzu vzt. potrubím do jednotky, kde je upravován na požadované parametry.

Upravený vzduch je veden vzt. potrubím do prostoru hrací plochy, kde je distribuován pomocí velkoobjemových výústek. Tyto vyústi, budou instalovány při stropu mezi dřevěnými vazníky haly.

Odvodní vzduch je v prostoru hrací plochy odváděn pomocí čtyřhranných výústek. Odpadní vzduch předá v rotačním výměníku teplo přívodnímu vzduchu.

Odvodní vzduch z jednotky je veden přes kulisový tlumič hluku, za kterým je potrubí vyvedeno nad střechu a ukončeno kolenem se sítím proti hmyzu přes které je odpadní vzduch vyfukován do venkovního prostředí

Hluk jednotky do sání a výtlačku je na požadovanou hodnotu utlumen kulisovými tlumiči hluku osazenými v příslušných vzduchovodech.

Zařízení bude spínáno ručně dle potřeby.

9.4 NÁROKY NA ENERGIE

K zajištění bezproblémového provozu vzduchotechnických zařízení je nutné celoročně zajistit následující energie a média:

a) instalovaný elektrický příkon

Zařízení č.1

VZT jednotka 2x0,78 kW

Zařízení č.2

Ventilátor 40,7 W

Zařízení č.3

Ventilátor 70,1W

Zařízení č.4

VZT jednotka 2x3,0 kW

Zařízení č.5

VZT jednotka 2x3,5 kW

Parní vlhčení 18,8kW

b) topná voda pro VZT jednotku

tw= 70/40 °C

9.5 MĚŘENÍ A REGULACE

Ze strany profese vzduchotechniky je požadováno:

- a) zajistit kvalitativní regulaci výkonu ohřívače vzduchu;
- b) protimrazovou ochranu výměníků řešit na straně vody a vzduchu, na straně vody s použitím trojcestného ventilu a nuceného oběhu média pomocí čerpadla, použít teploměry k měření teploty vody;
- c) hlásit zanesení filtrů;
- d) signalizovat polohy listů regulačních klapek (otevřeno - zavřeno);
- e) po konzultaci se zpracovateli ostatních subprojektů, případně s uživatelem objektu vyřešit, odkud budou zařízení spouštěna;
- f) úzce spolupracovat s projektem elektroinstalace;
- g) zajistit osazení uzavíracích klapek u VZT jednotek a ventilátorů servopohonu;
- h) automatická regulace bude pracovat podle časového programu podle využití daného klimatizovaného nebo větraného prostoru.

9.5.1 EPS

Ze strany profese vzduchotechniky je požadováno:

- a) zajistit odstavení všech vzduchotechnických zařízení v případě požáru.

9.6 POŽADAVKY NA OSTATNÍ PROFESI

V průběhu zpracování dokumentace byly veškeré požadavky na navazující profese předány zpracovatelům jednotlivých subprojektů a celá problematika s nimi byla konzultována.

9.6.1 STAVBA

Ze strany profese vzduchotechniky je požadováno:

- a) po montáži VZT zařízení provést utěsnění prostupů potrubí stavební části, utěsnění musí zabezpečovat pružné uložení vzduchotechnického potrubí vůči stavební konstrukci
- b) prostupy stavební konstrukcí pro VZT potrubí musí být minimálně o 100 mm větší, než je skutečný rozměr potrubí
- c) zajistit stavební výpomoc v průběhu montáže VZT zařízení
- d) zajištění elektrických přípojek pro napájení ručního nářadí
- e) projekčně a dodávkově zajistit uzemnění VZT zařízení ve smyslu ČSN 33 20 00
- f) před zahájením montáže VZT zařízení musí být dodržena požadovaná stavební připravenost
- g) zajistit kontrolní a revizní otvory pod regulačními elementy rozvodů vzduchotechniky a pod VZT zařízeními

9.6.2 ELEKTROINSTALACE

Ze strany profese vzduchotechniky je požadováno:

- a) vzduchotechnická zařízení napojit na elektrickou rozvodnou soustavu 3×230/400 V
- b) napojení spotřebičů řešit ve smyslu požadavků jednotlivých výrobců zařízení
- c) zajistit napojení čerpadel vodních okruhů ohřívače při ovládání ve vazbě na VZT zařízení
- d) zajistit uzemnění vzduchotechnických zařízení včetně potrubních rozvodů, které jsou vodivě propojeny
- e) u každého elektromotoru bude instalován blokovací vypínač umožňující vypnutí zařízení při opravách
- f) zajistit napájení a ve spolupráci s MaR a EPS ovládání servopohonů vybraných klapek (230V).

9.6.3 ZDRAVOTECHNIKA

Ze strany profese zdravotechiky je požadováno:

odvod kondenzátu z chladičů a kondenzačních van klimatizačních jednotek

Přívod pitné vody pro napojení parního zvlhčovače na vodovod,

9.6.4 ROZVOD TEPLA

Ze strany profese vzduchotechniky je požadováno:

- a) napojit vodní ohřívač vzduchotechnické jednotky umístěné v exteriéru topným médiem- topná voda 70/40 °C;
- b) topná voda nesmí obsahovat nečistoty způsobující zanášení;
- c) rozvody médií nesmí být vedeny podél obslužné strany VZT jednotek (nesmí být zamezen přístup k ventilátorům, filtrům apod.);
- d) při zajišťování a vlastní realizaci vodních rozvodů je nutné vřadit do sítě filtry;
- e) před a za výměníky tepla osadit teploměry a odběrová místa pro měření teploty a tlakových poměrů;
- f) respektovat profesní vazby na elektrický silnoproud a MaR, především v části protimrazové ochrany vodních ohřívačů;
- g) respektovat předepsaný tlak výměníků dle norem výrobce;
- h) zabezpečit přístupy k regulačním armaturám.

9.7 PROTIHLUKOVÁ OPATŘENÍ

Hluk působený provozem VZT zařízení nesmí ve venkovním chráněném prostoru stavby a ve vnitřních chráněných prostorách překročit hygienický limit hluku stanovený nařízením vlády č. 272/2011 Sb. o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací. U vzduchotechnických zařízení je důsledně dbáno na zabránění šíření hluku a vibrací.

K zamezení pronikání hluku do větraných prostor budou provedena následující opatření:

- a) vzduchotechnické jednotky budou od stabilních vzduchovodů odděleny pružnými manžetami (vločkami) umožňující pohyb strojů min. 5 mm;
- b) napojení na potrubní hrdla, příruby a trubky výměníků vzduchotechnických jednotek budou provedena přes pružné kompenzátory nebo flexi hadice;
- c) všechny rotační části použitých zařízení musí být staticky a dynamicky vyváženy;
- d) zařízení jsou dimenzována také s ohledem na jejich hlukové parametry, tedy s dostatečnou rezervou výkonových charakteristik a v oblastech s nižší produkcí primárních hlukových a vibračních zátěží, což je velmi důležité dodržet při záměně výrobků dodavatelem vzduchotechnických zařízení;
- e) u potrubních rozvodů budou tam, kde byly výpočtem stanoveny, vřazeny tlumiče hluku (přesné umístění tlumičů hluku viz výkresy rozvodů vzduchotechnického potrubí jednotlivých podlaží polyfunkčního objektu);
- f) distribuční elementy jsou voleny tak, aby ve spojitosti s požadovaným útlumem v tlumičích hluku a celé potrubní trasy byly v jednotlivých prostorech dodrženy požadované hladiny akustických tlaků;
- g) rychlosti proudění vzduchu v potrubí jsou voleny tak, aby rychlost proudění vzduchu nezpůsobovala nadměrný hluk.

9.8 IZOLACE A NÁTĚRY

V případě zařízení č.1, č.4, č.5 budou použity desky z minerální vlny, hydrofobizované, s hliníkovou folií a s minimálním součinitelem tepelné vodivosti $\lambda = 0,38 \text{ W/mK}$. Tepelnou izolací budou izolovány i pružné manžety VZT jednotek. Ostatní potrubí izolováno nebude. Zařízení bude povrchově opatřeno povrchovou úpravou už z výroby. Pozinkované potrubí ve vnitřním prostředí již nebude dále upravováno, ve vnějším prostředí bude opatřeno lakem.

9.10 PROTIPOŽÁRNÍ OPATŘENÍ

Dle striktně rozdělených funkčních celků jsou také rozděleny požární úseky.

V tomto případě zde žádné potrubí ani jiné zařízení neprochází dvěma požárními úseky, tudíž se s protipožárním opatřením nemusí uvažovat

9.11 MONTÁŽ, PROVOZ A OBSLUHA ZAŘÍZENÍ

Montáž vzduchotechnických zařízení bude provedena odbornou firmou podle návodu výrobce. Montáž jednotek klimatizace a rozvodů chladiva bude provedena odbornou firmou podle návodu výrobce. Zřízení budou po montáži odzkoušena a zregulována. Obsluha zařízení musí být proškolená. Údržba musí být prováděna pravidelně a podle výrobce.

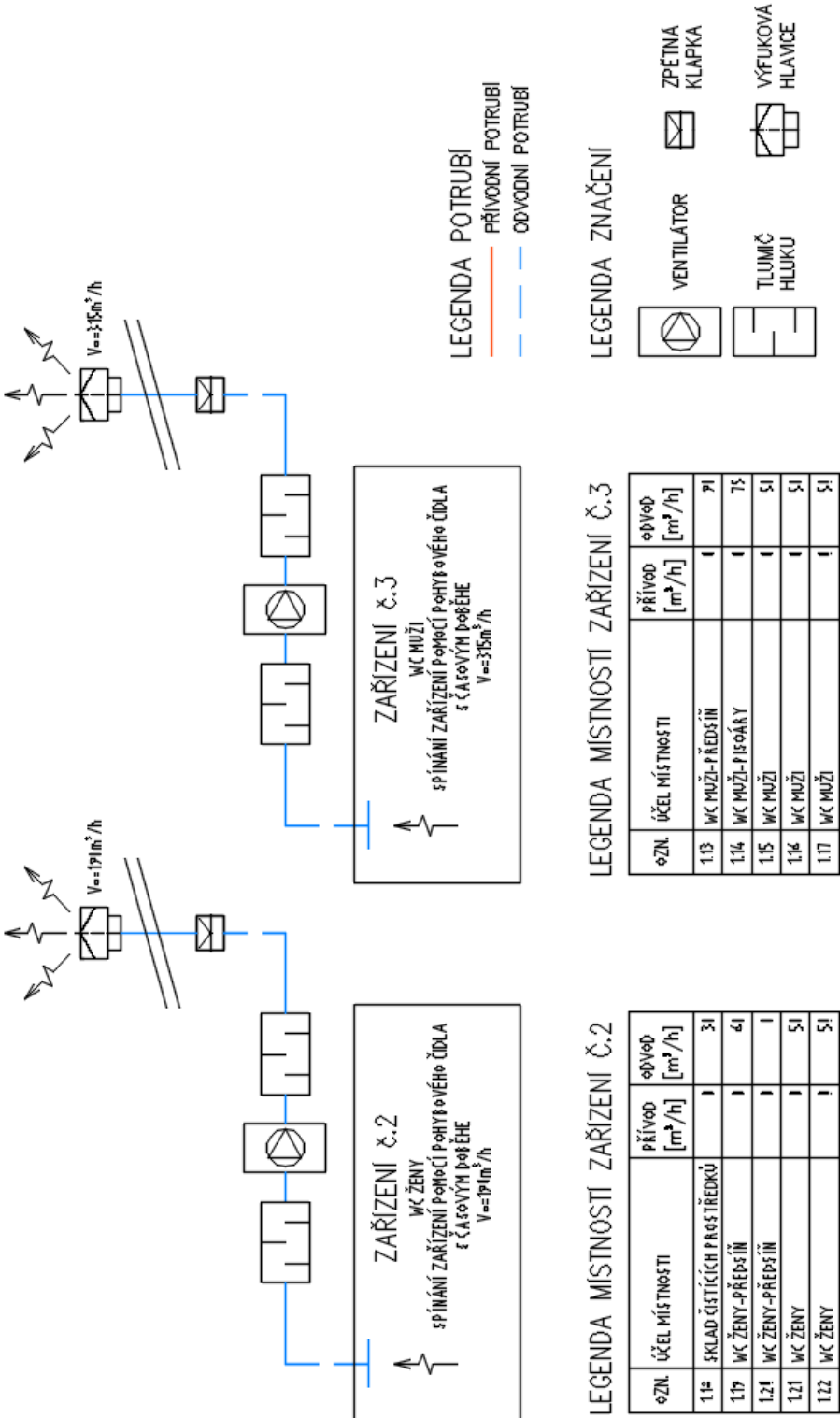
9.12 ZÁVĚR

Navržená vzduchotechnická a klimatizační zařízení splňují požadavky na tepelnou pohodu a hospodárnost provozu.

FUNKČNÍ SCHÉMA VZDUCHOTECHNICKÉHO ZAŘÍZENÍ č.1
CHODBA A ŠATNY č.5 – č.6

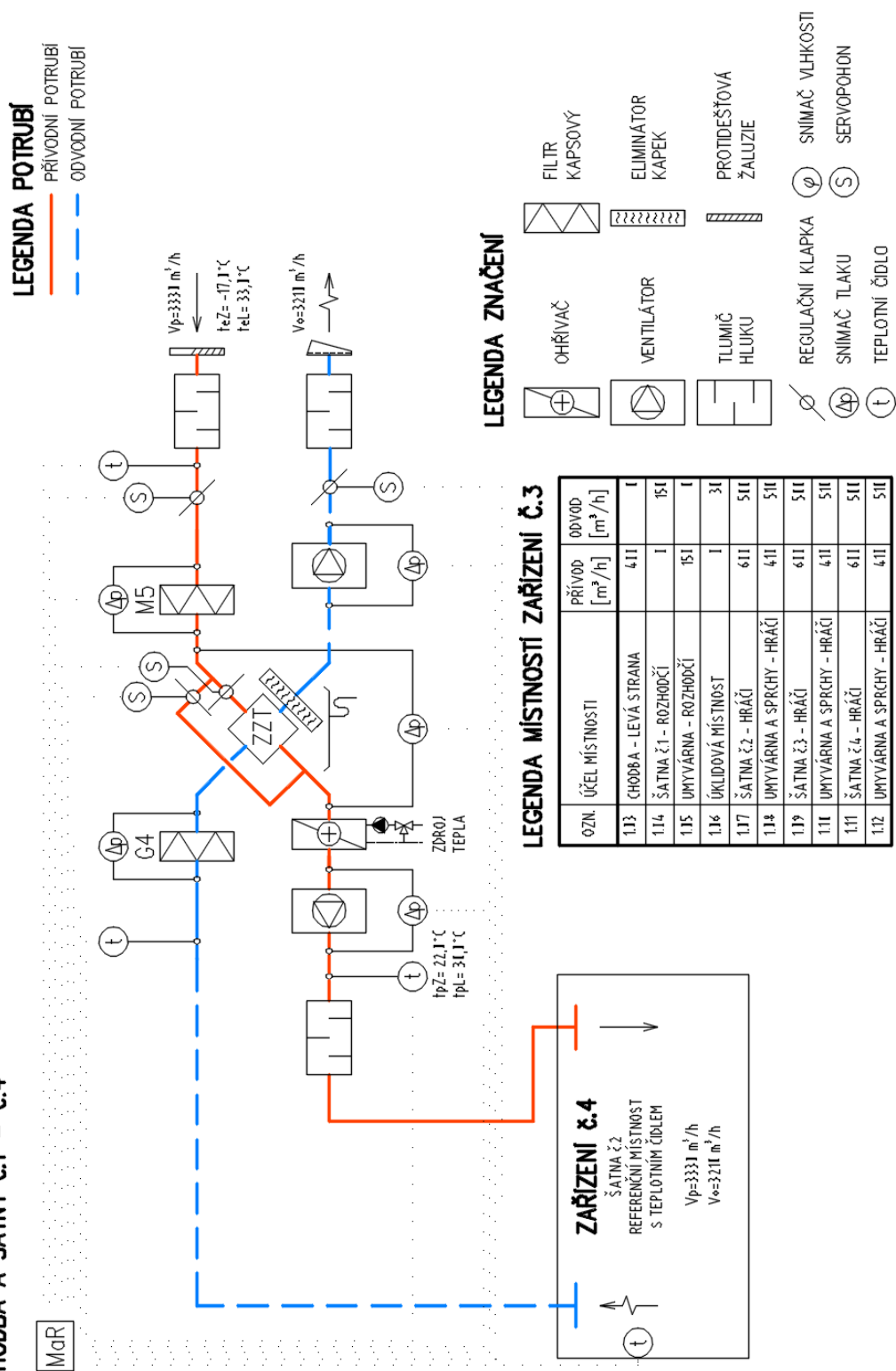


FUNKČNÍ SCHÉMA VZDUCHOTECHNICKÉHO ZAŘÍZENÍ Č.2 A ZAŘÍZENÍ Č.3
WC ŽENY A WC MUŽI



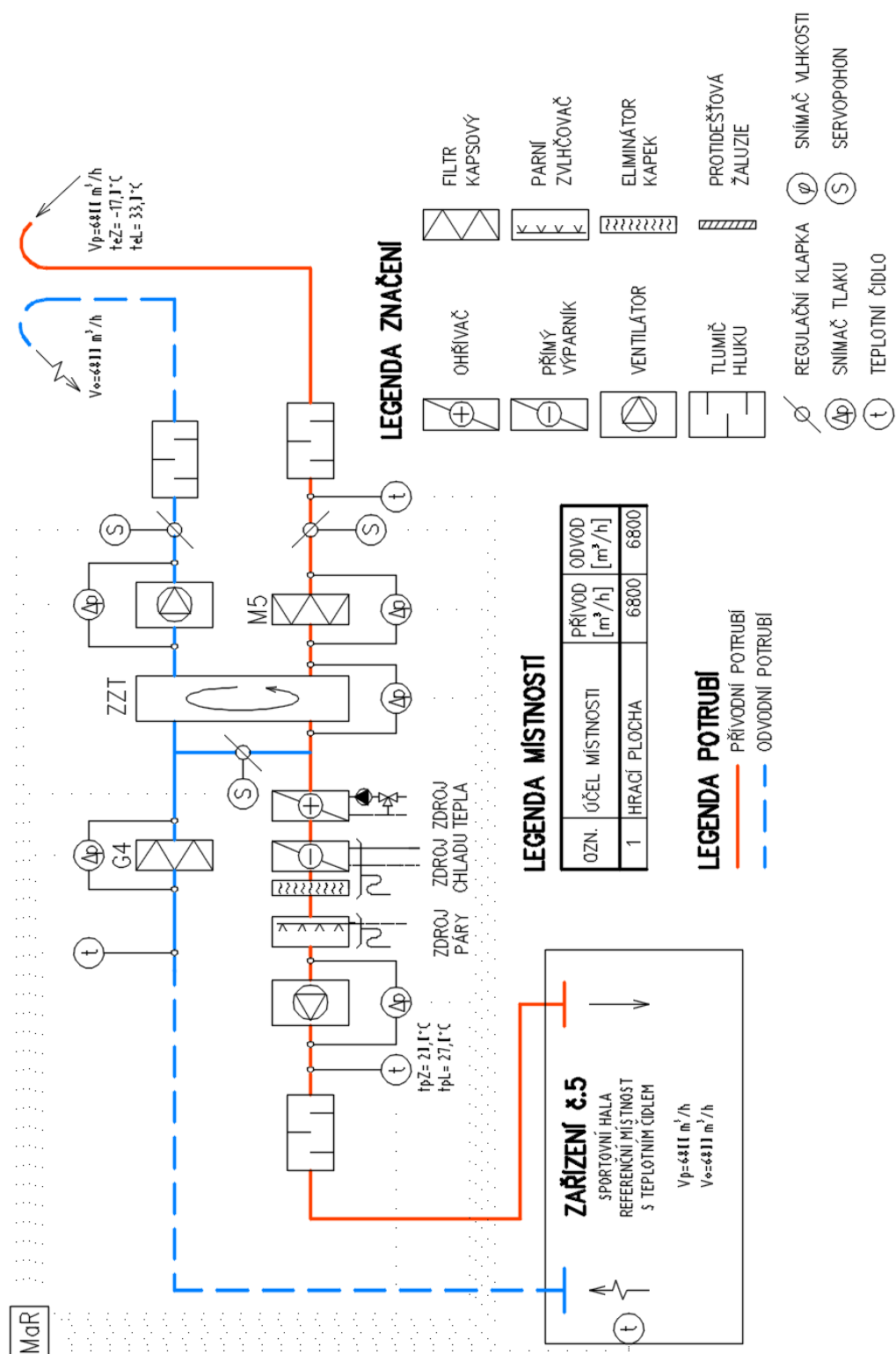
Obrázek 62 - Funkční schéma zařízení č.2 a č.3

FUNKČNÍ SCHÉMA VZDUCHOTECHNICKÉHO ZAŘÍZENÍ Č.4
CHODBA A ŠATNY Č.1 – Č.4



Obrázek 63 - Funkční schéma č.4

FUNKČNÍ SCHÉMA VZDUCHOTECHNICKÉHO ZAŘÍZENÍ č.5 SPORTOVNÍ HALA



9.14 TECHNICKÁ SPECIFIKACE

SO 01 SPORTOVNÍ HALA

D.1.4 TECHNIKA PROSTŘEDÍ STAVEB

D.1.4.1 VZDUCHOTECHNIKA

D.1.4.1.02 TECHNICKÁ SPECIFIKACE

DOKUMENTACE PRO STAVEBÍ POVOLENÍ

Po- zice	Výrobce	Název	-	Po- čet
Zařízení č.1 - Chodba a šatny č.5 - č.6				
1.	Remak	Vzduchotechnická jednotka AeroMaster XP 06;	ks	1
1.01	Remak	Deskový rekuperátor XPMB 06/BPW (SV - 100/A - 64,5 Optim New); účinnost 79%	ks	1
1.02	Remak	Vodní ohřívač XPNC XPNC 06/FR; 4,6 Kw	ks	1
1.03	Remak	Přívodní ventilátor XPVB 355 (114918/H01); 2480m3/h; 578Pa; 0,82W; 3x400V	ks	1
1.04	Remak	Přívodní tlumící vložka DV 650-600	ks	1
1.05	Remak	Odvodní kapsový filtr G4 XPNH 06/4 ECOD	ks	1
1.06	Remak	Odvodní tlumící vložka DV 650-600	ks	1
1.07	Remak	Odvodní ventilátor XPVB 355 (114918/H01); 2020m3/h; 545Pa; 0,75kW; 3x400V	ks	1
1.08	Remak	Přívodní kapsový filtr M5 XPNH 06/5 ECOD	ks	1
1.09	Remak	Přívodní klapka LK 650-600	ks	1
1.10	Remak	Odvodní klapka LK 650-600	ks	1
1.11	Remak	Eliminátor kapek XPNU 06	ks	1
1.12	Remak	Sekce prázdná XPJP 06/K	ks	1
1.13	Remak	Stříška Jednotky	kpl	1
1.14	Remak	Základový rám výška 300mm	kpl	1
1.15	M-art	Tlumič hluku THKU.710.600.1000-3 3X KTH.100.600.1000	ks	1
1.16	M-art	Tlumič hluku THKU.800.600.1000-3 3X KTH.200.600.1000	ks	2
1.17	Systemair	Protidešťová žaluzie PZAL-710x600-S	ks	1
	Systemair	Montážní rám UR-710x600-PZ	ks	1
1.18	M-art	Koncové koleno 30° se sítem proti hmyzu 800x600mm	ks	1
1.19	-	Neobsazeno	ks	-
1.20	-	Neobsazeno	ks	-
1.21	Elektrdesign	Dveřní mřížka bílá PT 489 B	ks	2
1.22	Systemair	Vyústka NOVA-B-1-2-300x100-H	ks	14
1.23	Systemair	Vyústka NOVA-B-1-2-600x200-H	ks	4
1.24	Systemair	Vyústka NOVA-B-1-2-300x200-H	ks	6
1.25	Systemair	Vířivá vyúst VVKR-A-S-400-16-W-RAL9005	ks	4

	Systemair	Plenum box PB-VVK-S-400-S-V-D1-2RAL	ks	4
1.26	Systemair	Kruhový přívodní ventil Balance-S 160	ks	4
1.27	M-art	Regulační klapka KU.160 ; průměr 160mm	ks	4
1.28	M-art	Regulační klapka KU.200 ; průměr 200mm	ks	4
1.29	Systemair	Regulační klapka RK-400x200-RP1	ks	2
1.30	Elektrode-sign	Ohebná hadice Sonoflex MI - 160	bm	5
1.31	Elektrode-sign	Ohebná hadice Sonoflex MI - 203	bm	5
SPIRO potrubí z pozinkovaného plechu				
1.32	M-art	průměr 160mm / 7% tvarovek	bm	26,0
1.33	M-art	průměr 200mm / 23% tvarovek	bm	4,5
Čtyřhranné ocelové potrubí sk. I				
1.34	M-art	do obvodu: 1050mm / 4% tvarovek	bm	60,0
1.35	M-art	do obvodu: 1500mm / 37% tvarovek	bm	17,5
1.36	M-art	do obvodu: 1890mm / 82% tvarovek	bm	5,0
Tepelné izolace				
1.37	Rockwool	Techrock 60 ALS tl.40mm	m ²	99,0
Zařízení č.2 - WC Ženy				
2.01	Systemair	Radiální ventilátor s regulovatelnými otáčkami K 125 xl SILEO ; 190m ³ /h; 150Pa; 52,7W; 230V; 0,229A	ks	1
2.02	Systemair	Tlumič kruhový LDC 125-900 ; ø 125mm; L=900mm	ks	2
2.03	Systemair	Rychloupínací spona FK 125 ; ø 125mm	ks	2
2.04	Systemair	Zpětná klapka RSK 125 ; ø 125mm	ks	1
2.05	Elektrdesign	Výfuková hlavice pro spiro potrubí VHO 125 ; ø 125mm	ks	1
2.06	Elektrdesign	Dveřní mřížka bílá PT 489 B	ks	5
2.07	M-art	Regulační klapka KU.100 ; průměr 100mm	ks	4
2.08	Systemair	Kruhový odvodní ventil Balance-E 100	ks	4
2.09	Elektrdesign	Ohebná hadice Sonoflex MI - 102	bm	2
SPIRO potrubí z pozinkovaného plechu				
2.10	M-art	průměr 100mm / 12% tvarovek	bm	3,5
2.11	M-art	průměr 125mm / 18% tvarovek	bm	5,5
Zařízení č.3 - WC Muži				
3.01	Systemair	Radiální ventilátor s regulovatelnými otáčkami K 160 xl SILEO ; 315m ³ /h; 125Pa; 102W; 230V; 0,447A	ks	1

3.02	Systemair	Tlumič kruhový LDC 160-900 ; ø 125mm; L=900mm	ks	2
3.03	Systemair	Rychloupínací spona FK 160 ; ø 125mm	ks	2
3.04	Systemair	Zpětná klapka RSK 160 ; ø 125mm	ks	1
3.05	Elektrdesign	Výfuková hlavice pro spiro potrubí VHO 160 ; ø 125mm	ks	1
3.06	Elektrdesign	Dveřní mřížka bílá PT 489 B	ks	5
3.07	M-art	Regulační klapka KU.100 ; průměr 100m	ks	7
3.08	Systemair	Kruhový odvodní ventil Balance-E 100	ks	7
3.09	Elektrdesign	Ohebná hadice Sonoflex MI - 102	bm	3
SPIRO potrubí z pozinkovaného plechu				
3.10	M-art	průměr 100mm / 14% tvarovek	bm	8,5
3.11	M-art	průměr 125mm / 27% tvarovek	bm	4,0
3.12	M-art	průměr 160mm / 24% tvarovek	bm	3,0
Zařízení č.4 - Chodba a šatny č.1 - č.4				
4.	Remak	Vzduchotechnická jednotka AeroMaster XP 06 ;	ks	1
4.01	Remak	Deskový rekuperátor XPMB 06/BPW (SV - 100/A - 64,5 Optim New); účinnost 87%	ks	1
4.02	Remak	Vodní ohříváč XPNC XPNC 06/FR; 4,6 Kw	ks	1
4.03	Remak	Přívodní ventilátor XPVB 355 (114918/H01); 3330m3/h; 578Pa; 0,82W; 3x400V	ks	1
4.04	Remak	Přívodní tlumící vložka DV 650-600	ks	1
4.05	Remak	Odvodní kapsový filtr G4 XPNH 06/4 ECOD	ks	1
4.06	Remak	Odvodní tlumící vložka DV 650-600	ks	1
4.07	Remak	Odvodní ventilátor XPVB 355 (114918/H01); 3210m3/h; 545Pa; 0,75kW; 3x400V	ks	1
4.08	Remak	Přívodní kapsový filtr M5 XPNH 06/5 ECOD	ks	1
4.09	Remak	Přívodní klapka LK 650-600	ks	1
4.10	Remak	Odvodní klapka LK 650-600	ks	1
4.11	Remak	Eliminátor kapek XPNU 06	ks	1
4.12	Remak	Sekce prázdná XPJP 06/K	ks	1
4.13	Remak	Stříška Jednotky	kpl	1
4.14	Remak	Základový rám výška 300mm	kpl	1
4.15	M-art	Tlumič hluku THKU.710.600.1000-3 3X KTH.100.6001000	ks	1
4.16	M-art	Tlumič hluku THKU.800.600.1000-3 3X KTH.200.600.1000	ks	2
4.17	Systemair	Protidešťová žaluzie PZAL-710x600-S	ks	1
	Systemair	Montážní rám UR-710x600-PZ	ks	1
4.18	M-art	Koncové koleno 30° se sítím proti hmyzu 800x600mm	ks	1
4.19	-	Neobsazeno	ks	-
4.20	-	Neobsazeno	ks	-
4.21	Elektrdesign	Dveřní mřížka bílá PT 489 B	ks	4
4.22	Systemair	Vyústka NOVA-B-1-2-300x100-H	ks	21

4.23	Systemair	Vyústka NOVA-B-1-2-600x200-H	ks	6
4.24	Systemair	Vyústka NOVA-B-1-2-300x200-H	ks	9
4.25	Systemair	Vířivá vyúst VVKR-A-S-400-16-W-RAL9005	ks	6
	Systemair	Plenum box PB-VVK-S-400-S-V-D1-2RAL	ks	4
4.26	Systemair	Vířivá vyúst VVKR-A-S-400-8-W-RAL9005	ks	4
	Systemair	Plenum box PB-VVK-S-400-S-V-D1-2RAL	ks	4
4.27	Systemair	Kruhový přívodní ventil Balance-S 160	ks	4
4.28	Systemair	Kruhový odvodní ventil Balance-E 100	ks	1
4.29	Systemair	Kruhový odvodní ventil Balance-E 160	ks	1
4.30	M-art	Regulační klapka KU.100 ; průměr 100mm	ks	1
4.31	M-art	Regulační klapka KU.160 ; průměr 160mm	ks	4
4.32	M-art	Regulační klapka KU.200 ; průměr 200mm	ks	4
4.33	Systemair	Regulační klapka RK-400x355-RP1	ks	3
4.34	Elektrdesign	Ohebná hadice Sonoflex MI - 102	bm	1
4.35	Elektrdesign	Ohebná hadice Sonoflex MI - 160	bm	4
4.36	Elektrdesign	Ohebná hadice Sonoflex MI - 203	bm	8
SPIRO potrubí z pozinkovaného plechu				
4.37	M-art	průměr 100mm / 0% tvarovek	bm	1,0
4.38	M-art	průměr 160mm / 15% tvarovek	bm	16,5
4.39	M-art	průměr 200mm / 13% tvarovek	bm	6,0
Čtyřhranné ocelové potrubí sk. I				
4.40	M-art	do obvodu: 1050mm / 11% tvarovek	bm	73,5
4.41	M-art	do obvodu: 1500mm / 14% tvarovek	bm	21,0
4.42	M-art	do obvodu: 1890mm / 44% tvarovek	bm	29,0
Tepelné izolace				
4.43	Rockwool	Techrock 60 ALS tl.40mm	m ²	163,5
Zařízené č.5 - Hrací plocha				
5.	Remak	Vzduchotechnická jednotka AeroMaster XP 10 ;	ks	1
5.01	Remak	Rotační regenerátor XPXR 10/4; účinnost 77%	ks	1
5.02	Remak	Přívodní kapsový filtr M5 XPNH 10/5 ECOD	ks	1
5.03	Remak	Přívodní klapka LK 810-760	ks	1
5.04	Remak	Odvodní ventilátor XPVB 355 (114918/H XPVB 500 (114652/H01); 6800m ³ /h; 319Pa; 1,01kW; 3x400V	ks	1
5.05	Remak	Přívodní směšovací komora XPIS 10/S	ks	1
5.06	Remak	Odvodní směšovací komora XPIS 10/R	ks	1
5.07	Remak	Odvodní kapsový filtr G4 XPNH 10/4 ECOD	ks	1
5.08	Remak	Odvodní klapka LK 810-760	ks	1

5.09	Remak	Odvodní tlumící vložka DV 810-760	ks	2
5.10	Remak	Vodní ohříváč XPNC 10/1R	ks	1
		Přímý výparník/kondenzátor XPNF 10/3RF	ks	1
		Eliminátor kapek XPNU 10	ks	1
	Remak	Přívodní ventilátor XPVB 355 (114918/H XPVB 500 (114652/H01); 6800m3/h; 528Pa; 1,01kW; 3x400V	ks	1
5.12	Remak	Přívodní tlumící vložka DV 810-760	ks	2
5.13	Remak	Zvlhčovač parní CA-EU 25/60C	ks	1
5.14	Remak	Stříška Jednotky	kpl	1
5.15	Remak	Základový rám výška 300mm	kpl	1
5.16	M-art	Tlumič hluku THKU.1200.800.1500-3 4X KTH.200.800.1500	ks	1
5.17	M-art	Koncové koleno 60° se sítím proti hmyzu 800x1000mm	ks	2
5.18	-	Neobsazeno	ks	-
5.19	-	Neobsazeno	ks	-
5.20	-	Neobsazeno	ks	-
5.21	Systemair	Výústka NOVA-B-1-2-800x200-H	ks	15
5.22	Systemair	Velkoobjemová vústka BURE 250	ks	16
5.23	M-art	Regulační klapka KU.250 ; průměr 250mm	ks	16
5.24	Systemair	Regulační klapka RK-400x400-RP1	ks	4
SPIRO potrubí z pozinkovaného plechu				
5.25	M-art	průměr 250mm / 44% tvarovek	bm	27,0
4.26	M-art	průměr 315mm / 13% tvarovek	bm	26,0
4.27	M-art	průměr 355mm / 14% tvarovek	bm	26,0
4.28	M-art	průměr 400mm / 35% tvarovek	bm	12,0
Čtyřhranné ocelové potrubí sk. I				
5.29	M-art	do obvodu: 1500mm / 40% tvarovek	bm	6,0
4.26	M-art	do obvodu: 1890mm / 41% tvarovek	bm	22,0
4.27	M-art	do obvodu: 2630mm / 16% tvarovek	bm	115,0
4.28	M-art	do obvodu: 3500mm / 44% tvarovek	bm	45,0
Tepelné izolace				
5.29	Rockwool	Techrock 60 ALS tl.40mm	m ²	79,0

POUŽITÉ ZDROJE

1. **3d-tisk.** *3D-tisk.cz*. [Online] 25. Únor 2013. [Citace: 13. Prosinec 2018.] <https://www.3d-tisk.cz/3d-tisk/>.
2. **Konformni-chlazení.** *Innomia*. [Online] 2012. [Citace: 13. Prosinec 2018.] <http://www.innomia.cz/sluzby/konformni-chlazení>.
3. **Prof. Ján Košturiak, Ing. Jan Mašek, MgA. Martin Tvarůžek, Ing. Tomáš Michálek, MSc.** Role technologie 3d tisku v inovačním procesu. *mmspektrum*. [Online] 1. Zář 2015. [Citace: 13. Prosinec 2018.] <https://www.mmspektrum.com/clanek/inovace-2015-tema-7-role-technologie-3d-tisku-v-inovacnim-procesu.html>.
4. **Rapid Prototyping.** *kvs*. [Online] [Citace: 13. Prosinec 2018.] http://www.kvs.tul.cz/download/rapid_prototyping/P%C5%99ehled%20technik%20vyu%C5%BE%C3%ADvan%C3%BDch%20p%C5%99i%20Rapid%20Prototyping.pdf.
5. **Sedlák, Josef.** Aditivní technologie metody Rapid Prototyping. *FME VUT*. [Online] 2014. [Citace: 13. Prosinec 2018.] http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/podklady/sto_bak/cv_STV_04_Aditivni_technologie_metody_Rapid_Prototyping.pdf.
6. **Piška, Miroslav.** *Speciální technologie obrábění*. Brno : nakladatelství CERM, 2009. ISBN 978-80-214-4025-8.
7. **Marek Pagáč.** Začínáme s 3d tiskem kovů. *Konstruktor*. [Online] 23. Listopad 2016. [Citace: 13. Prosinec 2018.] <https://www.konstruktor.cz/zaciname-s-3d-tiskem-kovu-2-technologie-3d-tisku-kovu-slm/>.
8. **Varotsis, Alkaïos Bournias.** Introduction fdm 3d printing. *3D HUBS*. [Online] [Cited: 14 Prosinec 2018.] <https://www.3dhubs.com/knowledge-base/introduction-fdm-3d-printing>.
9. **Průša, Josef.** Materiály. *prusa3d*. [Online] [Citace: 14. Prosinec 2018.] <https://www.prusa3d.cz/materialy/>.
10. **Know your fdm 3d printers cartesian delta polar and scara.** *all3dp*. [Online] [Cited: 14 Prosinec 2018.] <https://all3dp.com/know-your-fdm-3d-printers-cartesian-delta-polar-and-scara/>.

- 11. RepRap.** [Online] [Cited: 14 Prosinec 2018.] <https://reprap.org/wiki/File:R-360.jpg>.
- 12. Typy 3d tiskáren.** *makerslab*. [Online] [Citace: 14. Prosinec 2018.] <https://makerslab.cz/typy-3d-tiskaren/>.
- 13. RepRap project.** *Wikipedia*. [Online] [Cited: 14 Prosinec 2018.] https://en.wikipedia.org/wiki/RepRap_project.
- 14. RepRapOneDarwin.** *RepRap*. [Online] [Cited: 14 Prosinec 2018.] <https://reprap.org/wiki/RepRapOneDarwin>.
- 15. RepRap.** [Online] [Citace: 14. Prosinec 2018.] https://reprap.org/wiki/File:All_3_axes_fdmd_sml.jpg.
- 16. Mendel.** *RepRap*. [Online] [Cited: 14 Prosinec 2018.] <https://reprap.org/wiki/Mendel>.
- 17. Mendel.jpg.** *RepRap*. [Online] [Cited: 14 Prosinec 2018.] <https://reprap.org/wiki/File:Mendel.jpg>.
- 18. Assembled prusa mendel.** *RepRap*. [Online] [Cited: 14 Prosinec 2018.] <https://reprap.org/wiki/File:Assembled-prusa-mendel.jpg>.
- 19. Huxley.** *RepRap*. [Online] [Cited: 14 Prosinec 2018.] <https://reprap.org/wiki/File:Huxley.jpg>.
- 20. Prusa i3.** *RepRap*. [Online] [Cited: 14 Prosinec 2018.] https://reprap.org/wiki/Prusa_i3.
- 21. RepRap Prusa Mendel 1 01.** *3d-tisk*. [Online] [Citace: 14. Prosinec 2018.] <https://www.3d-tisk.cz/wp-content/uploads/2013/09/RepRap-Prusa-Mendel-1-01.jpg>.
22. <https://reprap.org>. *RepRap*. [Online] [Cited: 14 Prosinec 2018.] <https://reprap.org/wiki/Rostock>.
- 23. ebay.** [Online] [Cited: 14 Prosinec 2018.] <https://www.ebay.com/itm/Reprap-3D-Printer-Delta-Rostock-Mini-Pro-Printed-Parts-Kit-High-Quality-PLA-/132255631046>.
- 24. Josef průša.** Manuál mk2s. *prusa3d*. [Online] [Citace: 14. Prosinec 2018.] <https://www.prusa3d.cz/downloads/manual/Prusa-i3-manual-mk2s-cz.pdf>.
- 25. prusa3d.** [Online] [Citace: 14. prosinec 2018.] <https://www.prusa3d.cz/>.

- 26. Rapid Prototyping & Manufacturing Technologies.** *Manufacturing Technologies.* [Online] [Citace: 15. Prosinec 2018.] https://www.polyu.edu.hk/ic/training_materials/2012/IC%20Learning%20Series%202012%20-%20Rapid%20Prototyping%20&%20Manufacturing%20Technologies.pdf.
- 27. 3-D Printing Has the Ability to Drastically Improve HVAC Design.** [Online] 16 Červen 2018. [Cited: 16 Prosinec 2018.] <https://www.achrnews.com/articles/137387--d-printing-has-the-ability-to-drastically-improve-hvac-design>.
- 28. 3D-printed-hvac-systems.** [Online] 1 Červenec 2017. [Cited: 16 Prosinec 2018.] <https://3dprint.com/179757/3d-printed-hvac-systems/>.
- 29. The 'World's First' 3D Printed Air Conditioner Sells in China for \$6395.** [Online] 13 Březen 2015. [Cited: 16 Prosinec 2018.] <https://defence.pk/pdf/threads/the-worlds-first-3d-printed-air-conditioner-sells-in-china-for-6395.365027/>.
- 30. 3D PRINTING BRINGS A NEW DIMENSION OF INNOVATION TO HVAC.** [Online] 13 Březen 2017. [Cited: 16 Prosinec 2018.] <https://www.primexvents.com/3d-printing-brings-new-dimension-innovation-hvac/>.
- 31. 3D Printing Enables New Generation of Heat Exchangers.** [Online] 17 Březen 2016. [Cited: 16 Prosinec 2018.] <https://www.energy.gov/eere/success-stories/articles/eere-success-story-3d-printing-enables-new-generation-heat-exchangers>.
- 32. 3d printed cool brick.** *3dprint.* [Online] 1 Únor 2015. [Cited: 14 Prosinec 2018.] <https://3dprint.com/41447/3d-printed-cool-brick/>.
- 33. auto-doplnky.** [Online] [Citace: 18. Prosinec 2018.] <https://www.auto-doplnky.com/jednopistova-nozni-pumpa-s-digitalnim-manometrem-michelin-92420-p44577?v=66960>.
- 34. Filament 1 75 petg transparentni cervena 1 kg.** *filament-pm.* [Online] [Citace: 18. Prosinec 2018.] <https://www.filament-pm.cz/filament-1-75-petg-transparentni-cervena-1-kg/p52>.
- 35. Glycol Modified Polyethylene Terephthalate PETG PET-G.** *makeitfrom.* [Online] [Cited: 18 Prosinec 2018.] <https://www.makeitfrom.com/material-properties/Glycol-Modified-Polyethylene-Terephthalate-PETG-PET-G>.
- 36. linearni interpolate extrapolace.** *tzb-info.* [Online] [Citace: 19. Prosinec 2018.] <https://www.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/150-linearni-interpolate-extrapolace>.

37. **Systemair, a.s.** [Online] [Citace: 5. Prosinec 2018.] www.systemair.cz.

38. **RepRap project.** *wikipedia*. [Online] [Cited: 14 Prosinec 2018.]
https://en.wikipedia.org/wiki/RepRap_project.

39. **3dprintingforbeginners.** [Online] [Cited: 14 Prosinec 2018.]
<http://3dprintingforbeginners.com/>.

10. SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A OZNAČENÍ

Fyzikální veličiny

c	měrná tepelná kapacita ($\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$)
d	průměr potrubí (mm)
h	měrná entalpie ($\text{J} \cdot \text{kg}^{-1}$)
L	hladina akustického tlaku (dB)
m	hmotnostní průtok ($\text{kg} \cdot \text{s}^{-1}$)
n	násobnost výměny vzduchu (h^{-1})
p	tlak (Pa)
P	jmenovitý elektrický příkon (W)
q	jmenovitý průtok ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)
Q	tepelný výkon (W)
R	měrná tlaková ztráty ($\text{Pa} \cdot \text{m}^{-1}$)
S	plocha (m^2)
t	čas (s), teplota ($^{\circ}\text{C}$)
U	součinitel prostupu tepla ($\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$)
v	rychlost ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)
V	objemový průtok ($\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$); ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)
x	měrná vlhkost ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)
Z	tlaková ztráta místními odpory (Pa)
α	součinitel přestupu tepla ($\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$)
ε	efektivita [-]
λ	tepelná vodivost ($\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$)
ξ	součinitel vřazených odporů (-)
ρ	hustota ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$)
η	účinnost (-)
Θ	teplota ($^{\circ}\text{C}$)
ϕ	relativní vlhkost (%)

Indexy a zkratky

c	škodliviny
i	interiér
o	odvodní / odpadní
p	přívod / pracovní
pdl	podlaha
PETG	Polyethylene Terephthalate Glycol
ABS	Akrylonitrilbutadienstyren
PLA	Polyactic acid
RP	Rapid Prototyping
FDM	Fused deposition modeling
SLS	Selective laser sintering

11. SEZNAM OBRÁZKŮ, TABULEK A GRAFŮ

Seznamy obrázků tabulek a grafů se generují automaticky podle titulků v textu.

Obrázky

Obrázek 1 - Konformní chlazení lisovacích forem [2].....	21
Obrázek 2 - Volba způsobu výroby v závislosti na ekonomice výroby [8]	21
Obrázek 3 - Využití 3D tisku ve firmách [3]	22
Obrázek 4 - Vývoj a proces vzniku reálné součásti [5]	23
Obrázek 5 - Rozdělení metod Rapid Prototyping	24
Obrázek 6 - Postup FDM tisku s použitím podpor [8]	27
Obrázek 7 - Schéma typické tiskárny	28
Obrázek 8 - Hranová deformace [8].....	28
Obrázek 9 - Hustota výplně [8]	29
Obrázek 10 - Spektrum nejrozličnějších materiálů pro FDM Tisk [9]	30
Obrázek 11 - Pyramida termoplastických materiálů dostupných v FDM [8]	30
Obrázek 12 - Kartézské a delta kinematické uspořádání.....	31
Obrázek 13 - Polární 3D tiskárna [11].....	32
Obrázek 14 - Scara 3D tiskárna [16]	32
Obrázek 15 - Všechny části pro stroj vpravo byly vyrobeny vlevo. Adrian Bowyer	33
Obrázek 16 - 3D tiskárna RepRap 1.0 Darwin [15].....	34
Obrázek 17 - 3D tiskárna RepRap 2.0 Mendel [17]	35
Obrázek 18 - 3D tiskárna RepRap Průša (Mendel) [18]	36
Obrázek 19 - 3D tiskárna RepRap Huxley [19].....	36
Obrázek 20 - Původní Tiskárna Prusa i3 [21].....	37
Obrázek 21 - 3D tiskárna RepRap Rostock [23].....	38
Obrázek 22 - Základní ceny za jednotlivé modely PRUSA ORIGINAL [25]	39
Obrázek 23 - Tiskárna Original Prusa i3 MK2S	40
Obrázek 24 - Počáteční myšlenka	41
Obrázek 25 - Převod CAD modelu do formátu STL [38]	41
Obrázek 26 - Proces řezání vrstev [38]	42
Obrázek 27 - FDM tiskárna [38]	43
Obrázek 28 - Vytisknutý hotový model	43
Obrázek 29 - První klimatizační jednotka vytisknutá na 3D tiskárně [29]	44
Obrázek 30 - Výměník tepla vytisknutý na 3D tiskárně [31].....	46
Obrázek 31 - Princip chladicí stěny [32]	47
Obrázek 32 - Způsob vrstvení tloušťky stěny.....	52
Obrázek 33 - Výchozí 2D návrh zkušebních vzorku	53
Obrázek 34 - CAD model 3D zkušebního vzorku	53
Obrázek 35 - Prostředí programu Slic3r.....	54

Obrázek 36 – Finální vzhled tisknutého vzorku.....	54
Obrázek 37 - Proces tisku na 3D tiskárně	55
Obrázek 38 - Vytisklé a pospané vzorky.....	56
Obrázek 39 - Měřený vzorek a nátrubek.....	56
Obrázek 40 - Komponenty pro tlakovou zkoušku	56
Obrázek 41 - Vzorek připraven na tlakovou zkoušku.....	56
Obrázek 42 - Jednopístová nožní pumpa [33]	57
Obrázek 43 - Filament 1,75 PETG - transparentní červená 1 kg [34]	58
Obrázek 44 - Průběh experimentu varianta č.1	59
Obrázek 45 - Výsledek měření Varianty č.1	59
Obrázek 46 - Rozbitá skleněná nádoba.....	60
Obrázek 47 - Průběh experimentu varianta č.2	61
Obrázek 48 - Výsledek měření Varianty č.2	61
Obrázek 49 - Průběh experimentu varianta č.3	63
Obrázek 50 - Výsledek měření Varianty č.3	63
Obrázek 51 - Průběh experimentu varianta č.4	65
Obrázek 52 - Výsledek měření Varianty č.4	65
Obrázek 53 - Řešení problémů s netěsností vzorku.....	68
Obrázek 54 - Půdorys objektu	71
Obrázek 55 - Rozdělení na funkční celky.....	73
Obrázek 56 - Tepelné zisky s diváky.....	76
Obrázek 57 - Tepelné zisky bez diváků.....	77
Obrázek 58 - Vzduchotechnické zařízení č.1	83
Obrázek 59 - Vzduchotechnické zařízení č.4.....	88
Obrázek 60 - Vzduchotechnické zařízení č.5.....	91
Obrázek 61 - Funkční schéma zařízení č.1	113
Obrázek 62 - Funkční schéma zařízení č.2 a č.3	114
Obrázek 63 - Funkční schéma č.4.....	115
Obrázek 64 - Funkční schéma č.5.....	116

Tabulky

Tabulka 1 - Souhrn základních vlastností jednotlivých metod RP [5]	25
Tabulka 2 - Popis měřených vzorků.....	56
Tabulka 3 - Materiálové vlastnosti PETG [35]	58
Tabulka 4 - Výsledky měření Varianty č.1	60
Tabulka 5 - Výsledky měření Varianty č.2	62
Tabulka 6 - Výsledky měření Varianty č.3	64
Tabulka 7 - Výsledky měření Varianty č.4	66

Tabulka 8 – Prostorové parametry	72
Tabulka 9 – Prostorové parametry	72
Tabulka 10 - Výpočtové klimatické hodnoty	74
Tabulka 11 - Výpočtové hodnoty vnitřního prostředí	74
Tabulka 12 - Součinitele prostupu tepla zadaných konstrukcí	75
Tabulka 13 - Tepelná ztráta místnost č. 1.29.....	75
Tabulka 14 - Průtoky vzduchu a tlakové poměry	78
Tabulka 15 - Návrh všech distribučních elementů	80
Tabulka 16 - Rekapitulace tlakových ztrát.....	81
Tabulka 17 - Základní parametry zařízení č.1	83
Tabulka 18 - Základní parametry zařízení č.2.....	85
Tabulka 19 - Základní parametry zařízení č.3.....	86
Tabulka 20 - Základní parametry zařízení č.4.....	88
Tabulka 21 - Základní parametry zařízení č.5.....	91
Tabulka 22 – Hlukové parametry vzduchotechnických zřízení	94
Tabulka 23 - Tepelné izolace	95
Tabulka 24 - Výpočtové klimatické hodnoty	99
Tabulka 25 - Výpočtové hodnoty vnitřního prostředí	100

Grafy

Graf 1 - Vyhodnocení Varianty č.1	60
Graf 2 - Vyhodnocení Varianty č.2.....	62
Graf 3 - Vyhodnocení Varianty č.3 [36].....	64
Graf 4 - Vyhodnocení Varianty č.4.....	66
Graf 5 - Celkové vyhodnocení experimentu	67

12. SEZNAM PŘÍLOH

A. PŘÍLOHY

D.1.4.1.03 PŮDORYS A STŘECHA ŠATEN

D.1.4.1.04 PŮDORYS A STŘECHA HRACÍ PLOCHY

D.1.4.1.05 ŘEZY A-F

D.1.4.1.06 ŘEZ G-G´

D.1.4.1.07 ŘEZ H-H´

D.1.4.1.08 ŘEZ I-I´